

ECOLE DOCTORALE  
Sciences Pour l'Ingénieur, Géosciences, Architecture  
DE NANTES

Année 2009

Thèse de **DOCTORAT**

Discipline : *Sciences pour l'ingénieur*  
Spécialité : *Architecture*

présentée et soutenue publiquement par  
**JALLOULI Jihen**

le 20 janvier 2009  
à l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes

**LA REALITE VIRTUELLE COMME OUTIL D'ETUDE SENSIBLE DU PAYSAGE : LE CAS  
DES EOLIENNES**

Jury :

M. Pierre Leclercq - Professeur, Université de Liège (Rapporteur)  
M. Thierry Joliveau - Professeur, Université Jean Monnet (Rapporteur)  
M. Jacques Tisseau - Professeur, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Brest  
Mme Marie-Pascale Corcuff - Maître-assistant, ENSA Bretagne  
M. Pascal Joanne - Maître-assistant, ENSA Nantes  
M. Guillaume Moreau - Maître de conférences, Ecole Centrale de Nantes  
Mlle Marjorie Musy - Ingénieur de Recherche Ministère de la Culture, CERMA

*Directeur de thèse* : M. Louis-Michel Nourry - Ancien Professeur, ENSA Bretagne  
Mme Marjorie Musy - Ingénieur de Recherche Ministère de la Culture, CERMA  
*Encadrement* : M. Guillaume Moreau - Maître de conférences, Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire CERMA, UMR CNRS 1563  
ENSA Nantes, Rue Massenet BP 81931, 44300 Nantes Cedex 3

N° ED 498-30



## **LA REALITE VIRTUELLE COMME OUTIL D'ETUDE SENSIBLE DU PAYSAGE : LE CAS DES EOLEINNES**

Le paysage est à la fois un outil de gestion et d'aide à la durabilité. Dans cet objectif, le paysage doit intégrer l'utilisateur dans le projet : comprendre ses préférences afin de les intégrer dans la conception et le faire participer à la concertation.

L'essence du paysage est l'interaction « individu-environnement » où l'individu perçoit, interprète et agit sur l'espace. L'expérience paysagère qui en découle est immédiate, intersensorielle et en mouvement. L'objectif de ce travail est d'évaluer une méthode immersive, multisensorielle et dynamique par les techniques de la réalité virtuelle et de la valider pour l'étude du paysage sensible et comme outil pour la concertation. Les impacts visuel et sonore contestés des éoliennes constituent notre cas d'application.

Une étude comparative entre un parc réel et son homologue virtuel est proposée afin d'évaluer la restitution des perceptions par la réalité virtuelle :

- Deux enquêtes comparées *in situ* étudient les potentialités de la méthode des « parcours commentés » (immersion, interaction, perception en mouvement) dans l'analyse du paysage ;
- Trois enquêtes comparées *in vitro* proposent des dispositifs virtuels différents (immersion multisensorielle, interaction via une Wiimote, interaction via un vélo) afin d'évaluer les potentialités du système virtuel dans la restitution des perceptions.

La discussion de la comparaison *in situ/in vitro* montre d'une part, la richesse de la méthode immersive, multisensorielle et dynamique en informations sensibles et son adéquation pour étudier le paysage sensible ; et d'autre part, les potentialités de la réalité virtuelle pour l'étude et la discussion du paysage entre les différents acteurs.

**Mot clés :** *paysage, réalité virtuelle, éolienne, impact, perception, enquête, parcours commentés, concertation*

## **VIRTUAL REALITY AS A STUDY TOOL FOR LANDSCAPE ASSESSMENT: THE WIND TURBINES' CASE**

Landscape is a planning and sustainable tool. For this objective, landscape must include users into the project process: understanding and inserting their perceptions in the design process; and involving them in the decision-making process.

We experience space through senses' interaction while we are immersed and walking (acting) in it. The landscape experience is then immersive, multisensory and in motion. We propose to show that virtual reality is able to assess and to restore real immersive, multisensory and dynamic landscape experience thanks to immersion and interaction potentialities and could then integrate a decision-making process. Visual and acoustic controversial impacts of wind turbines are our case study.

Impacts' restitution is assessed thanks to the comparison between a real park experience (perception) and the same virtual one. The park is experienced through a walk in order to provide temporal and spatial dimension of landscape:

- Two surveys *in situ* studied the potentialities of immersion, interaction and motion for landscape analysis;
- Three surveys *in vitro* assessed immersion and interaction modalities in sensory information restitution (animated multisensory walk-through, interactive multisensory walk via a Wiimote and interactive multisensory walk using an instrumented bicycle). Every experiment showed an important feature to provide in landscape restitution: senses' interaction in landscape understanding, free visual motion in space understanding and free physical motion in observer's involvement.

The rich and diverse results of the immersive, multisensory and dynamic approach promote its use for the study and the discussion of landscape projects.

**Keywords:** *landscape, virtual reality, wind turbine, impact, perception, survey, commented walks, decision-making*



*This PhD thesis is part of my professional and personal career, and the story of exceptional experiences:*

*Ideological and multi-cultural experiences in France and Nantes.*

*Research and pedagogic experiences with the CERMA Lab and Schools of Architecture of Nantes and Brittany.*

*But above all it is the story of human experiences: Gildas, Souha, Asma, Nawale, Elyes, Mariam, Françoise, Martine, Faten, Katell, Mael, Guillaume, Julien, Davy, Véro, Thomas, Vincent, Sébastien, Sihem, Caro, Clo, René, Housseem, Nathalie, Marjorie, Radhouane, Bérengère, Céline, Madiha, Georges, Marie-Pascale, Maher, Ronan, Khaled, Elise, Nicolas, Fred, Max, Chams, Joseph, Véronique, Jannick, Josiane, Véronique, Yasmine, Virginie, Christian, Pascal, Mauro, Amar, Sylvain, Soraya, Simo... and many others...*

*In a way, you are part of this thesis, a part of my past, present and future life story, and definitely a part of me...*

إلى نور الدين و سلوى  
مع كل حبي



# MERCI...

A Monsieur Guillaume Moreau, pour avoir rendu cette thèse possible, pour avoir donné généreusement de son temps, pour les conseils – tous plus précieux les uns que les autres –, pour ses encouragements et sa patience, pour l'aide pertinente au cours de mes cinq années nantaises,... Et pour la confiance, aussi et surtout.

A Monsieur Louis-Michel Nourry, qui a assuré la direction de cette thèse et à Mademoiselle Marjorie Musy, qui a accepté de prendre la suite de la direction.

A Messieurs Thierry Joliveau et Pierre Leclercq, qui me font l'honneur d'être les rapporteurs de mon travail.

A Madame Marie-Pascale Corcuff et Messieurs Jacques Tisseau et Pascal Joanne, qui ont accepté de faire partie de ce jury.

\*\*\*\*\*

A Monsieur Gildas Gourlay, pour les innombrables souvenirs de mon expérience française... Pour son amour, son amitié, sa présence, sa patience, sa générosité et son soutien tout au long de ma thèse. Mais aussi pour sa disponibilité et son aide dans les investigations *in situ* et *in vitro*.

A tous les membres du laboratoire CERMA, pour les liens divers créés et qui furent aussi divers qu'enrichissants.

A Madame Martine Chazelas et Mademoiselles Asma Ben Kahla et Safia Trabelsi, pour leurs différentes relectures mais surtout pour leur affection.

Au Directeur et à toute l'équipe du Centre Européen de Réalité Virtuelle pour leur accueil chaleureux. Je tiens à remercier particulièrement Monsieur Ronan Querrec, Maître de conférences de l'ENIB, pour avoir donné de son temps pour m'aider à réaliser une partie de ma thèse.

A Monsieur Davy Salerne, pour son énergie et pour son aide précieuse dans la réalisation d'un des plus importants objectifs de cette thèse.

A Monsieur Jean-Yves Desdoigts, Chargé de mission énergies renouvelables à la DIREN Bretagne, pour m'avoir ouvert les portes de la DIREN Bretagne pour prospecter les dossiers d'Etude d'Impact.

A Monsieur Stéphane Poulmarc'h, gérant de JUWI (opérateur du Parc éolien de Plouguin), pour m'avoir fourni les documents nécessaires sur la parc de Plouguin et pour avoir été coopératif et disponible pour mes questions.

(Last, but not least !) A mes familles tunisienne, nantaise et bretonne et à mes amis d'ici et d'ailleurs, pour leur amour et leur soutien : avant, pendant et après. J'ai beaucoup de chance de vous avoir, je m'enrichis tous les jours en vous côtoyant et je souhaite que cela continue.



« ... Alors on discute : des émotions du paysan ; de la construction intellectuelle qui lie pays, mode de vie et paysage et fixe ainsi une image de la campagne ; de la dimension nostalgique d'un paysage, comme un pays qui aurait pris de l'âge (...)

Petit à petit est nommé celui qui est le porteur de tous les maux infligés à la nature, au paysage : l'architecte ! (...)

Au fond, il y a deux sujets qui font polémiques sulfureuses : l'architecte et la tomate de l'INRA. Les tomates n'ont plus le bon vieux goût d'antan, c'est la faute à l'INRA, disent ceux qui consomment les tomates de janvier à décembre. Ceux qui cultivent les tomates savent au moins deux choses, que le choix des variétés que leur propose le produit de la recherche horticole est extraordinaire et n'est en rien comparable avec celui qui était proposé à nos grands-mères, que pour avoir de bonnes tomates, il convient d'attendre la saison, de juillet à novembre dans nos contrées.

Quant aux villes, elles ne ressemblent à rien, c'est la faute aux architectes. D'ailleurs, à quoi sert un architecte ? À rien, ou pire à massacrer nos paysages : les parkings, les supermarchés, les entrées de ville, les lotissements pavillonnaires, les immeubles dégradés, les barres inhumaines, les successions de panneaux d'affichages, tout ce qui fait tache est l'œuvre de l'architecte. Pourquoi est-il ainsi honni ? Est-ce parce qu'il exerce un métier d'ordre et de rigueur, travaillant les alignements, soignant les rapports d'échelle ? Est-ce parce qu'il exerce un métier complexe, écoutant, concevant, dessinant, dirigeant le travail des métiers ? Est-ce une trace de l'histoire de la transmission de son savoir qui a longtemps supposé initiation et secret ?

Heureusement tout se termina bien puisque les honnisseurs d'architectes étaient venus sans tomates. »

**Gérard Tiné**



Walking the landscape [Paar *et al.* 2005]



# TABLE DES MATIERES

**INTRODUCTION GENERALE ..... 1**

## **PREMIERE PARTIE : Contexte et définition de la problématique**

**INTRODUCTION..... 9**

**Chapitre 1. LE PAYSAGE ..... 11**

**1.1 Le paysage concept ..... 11**

1.1.1 Définition ..... 11

1.1.2 La dimension sensible du paysage ..... 13

1.1.2.1 *La perception multimodale et en mouvement*..... 15

1.1.2.2 *Les ambiances et représentations paysagères* ..... 19

1.1.3 Conclusion..... 21

**1.2 Le paysage outil : la gestion paysagère comme outil de réflexion et d'action sur l'espace ..... 23**

1.2.1 Contexte et définition : la dimension sensible est au cœur de la démarche paysagère..... 23

1.2.2 Etapes de la démarche paysagère : deux niveaux d'intégration de la dimension sensible dans le projet ..... 25

1.2.2.1 *La phase d'étude : diagnostic et analyse du paysage* ..... 25

1.2.2.2 *La phase projet : conception et médiation paysagères* ..... 26

1.2.3 Conclusion..... 27

**1.3 Méthodes d'évaluation sensible du paysage rural : les méthodes d'enquêtes ..... 28**

1.3.1 Les approches objectives basées sur « le spécialiste » ..... 29

1.3.2 Les approches subjectives basées sur « l'utilisateur » ..... 29

1.3.3 Conclusion : portées et limites des méthodes d'enquête de l'espace rural..... 34

**1.4 Outils de représentation du paysage..... 34**

1.4.1 Les outils de représentation classiques..... 35

1.4.2 Les outils de représentation numérique..... 39

1.4.3	Conclusion : limites et potentialités .....	41
<b>1.5</b>	<b>Conclusion générale.....</b>	<b>42</b>
<b>Chapitre 2. LA REALITE VIRTUELLE .....</b>		<b>45</b>
<b>2.1</b>	<b>Définition .....</b>	<b>45</b>
<b>2.2</b>	<b>Conception d'un système de RV .....</b>	<b>46</b>
2.2.1	Méthode de conception d'un environnement en RV .....	47
2.2.1.1	<i>Les P<sup>2</sup> fonctionnelles .....</i>	<i>47</i>
2.2.1.2	<i>Les P<sup>2</sup> mentales ou cognitives .....</i>	<i>48</i>
2.2.1.3	<i>Les P<sup>2</sup> sensori-motrices.....</i>	<i>49</i>
2.2.1.4	<i>Etapas de la démarche de conception.....</i>	<i>49</i>
2.2.2	Interfaces comportementales (IC) .....	50
2.2.2.1	<i>Les Interfaces sensorielles .....</i>	<i>50</i>
2.2.2.2	<i>Les Interfaces motrices .....</i>	<i>53</i>
2.2.3	Conclusion.....	56
<b>2.3</b>	<b>Les environnements virtuels dans l'étude du paysage .....</b>	<b>57</b>
2.3.1	Le paysage virtuel construit .....	57
2.3.2	Le paysage virtuel comme outil d'étude sensible.....	58
2.3.3	Conclusion.....	63
<b>2.4</b>	<b>Les limites de Réalité Virtuelle pour l'étude sensible du paysage .....</b>	<b>63</b>
2.4.1	Les Limites d'immersion.....	63
2.4.2	Limites d'interaction .....	66
2.4.3	Conclusion.....	67
<b>2.5</b>	<b>Conclusion générale.....</b>	<b>67</b>
<b>Chapitre 3. LES EOLIENNES.....</b>		<b>69</b>
<b>3.1</b>	<b>Contexte général .....</b>	<b>70</b>
3.1.1	Fonctionnement d'une éolienne .....	70
3.1.2	Contexte énergétique et politique.....	72
3.1.3	Contexte réglementaire.....	73
3.1.3.1	<i>Les règles d'implantation des éoliennes .....</i>	<i>73</i>
3.1.3.2	<i>Les règles d'autorisation d'implantation des éoliennes.....</i>	<i>74</i>
3.1.3.3	<i>Les règles propres au bruit .....</i>	<i>75</i>
3.1.3.4	<i>Conclusion .....</i>	<i>75</i>
3.1.4	Contexte social .....	76
3.1.5	Conclusion.....	78
<b>3.2</b>	<b>Impacts sur le paysage .....</b>	<b>79</b>
3.2.1	Impact visuel .....	80
3.2.1.1	<i>Outils de représentation classiques pour l'évaluation de l'impact visuel.....</i>	<i>84</i>
3.2.1.2	<i>Outils de représentation numérique pour l'évaluation de l'impact visuel .....</i>	<i>87</i>

3.2.2	Impact sonore .....	88
3.2.3	Conclusion.....	91
<b>3.3</b>	<b>Conclusion générale.....</b>	<b>91</b>
<b>CONCLUSION : PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES.....</b>		<b>93</b>

## **DEUXIEME PARTIE: Approche méthodologique et application au site**

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>99</b>
--------------------------	-----------

<b>Chapitre 4. VERS UNE METHODE IMMERSIVE, MULTISENSORIELLE ET DYNAMIQUE POUR L'ETUDE DU PAYSAGE.....</b>	<b>101</b>
---	------------

<b>4.1</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>101</b>
<b>4.2</b>	<b>Méthodes urbaines immersives, multisensorielles et dynamiques pour l'évaluation du paysage rural.....</b>	<b>102</b>
<b>4.3</b>	<b>Méthodes d'analyse des résultats .....</b>	<b>108</b>
<b>4.4</b>	<b>Conclusion : Schéma méthodologique .....</b>	<b>110</b>

<b>Chapitre 5. DEFINITION DU SITE ET DES PROTOCOLES EXPERIMENTAUX .....</b>	<b>113</b>
---	------------

<b>5.1</b>	<b>Site d'investigation : Parc de Plouguin.....</b>	<b>113</b>
5.1.1	Analyse paysagère objective .....	116
5.1.1.1	Perception lointaine (rayon de plus de 5 km) .....	118
5.1.1.2	Perception rapprochée (de 5 à 1 km).....	119
5.1.1.3	Perception immédiate (moins de 1 km).....	122
5.1.2	Choix des parcours .....	123
5.1.3	Conclusion.....	125
<b>5.2</b>	<b>Etude sensible du paysage <i>in situ</i> .....</b>	<b>126</b>
5.2.1	Etude subjective du paysage.....	126
5.2.1.1	Première enquête non-immersive : les entretiens semi-directifs.....	126
5.2.1.2	Deuxième enquête immersive : les parcours commentés .....	127
5.2.2	Validation de la méthode des parcours commentés <i>in situ</i> .....	129

<b>5.3 Etude sensible du paysage <i>in vitro</i>.....</b>	<b>129</b>
5.3.1 Conception du système de RV .....	129
5.3.1.1 Construction de l'environnement virtuel.....	131
5.3.1.2 Protocole d'immersion.....	133
5.3.1.3 Protocole d'interaction.....	139
5.3.2 Protocole expérimental des études sensibles <i>in vitro</i> .....	143
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>145</b>

## **TROISIEME PARTIE : Approche expérimentale**

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>149</b>
--------------------------	------------

<b>Chapitre 6. ÉTUDE PAYSAGERE SENSIBLE <i>IN SITU</i>.....</b>	<b>151</b>
---	------------

<b>6.1 Etude « non-immersive » : les entretiens.....</b>	<b>151</b>
6.1.1 Introduction .....	151
6.1.2 Résultats .....	152
6.1.2.1 Résultats liés au « rapport de l'interviewé à l'espace environnant » .....	152
6.1.2.2 Résultats liés aux sujets d'étude : les éoliennes et le paysage .....	153
6.1.2.3 Résultats liés aux impacts des éoliennes sur le paysage .....	154
6.1.3 Discussion .....	154
<b>6.2 Etude « immersive » : les parcours commentés .....</b>	<b>156</b>
6.2.1 Introduction .....	156
6.2.2 Résultats de l'étude subjective spontanée (les parcours commentés) .....	157
6.2.2.1 Caractérisation de la perception .....	157
6.2.2.2 Contextualisation de la perception .....	163
6.2.3 Résultats de l'étude subjective orientée (les questionnaires) .....	166
6.2.3.1 Caractérisation de la perception .....	167
6.2.3.2 Contextualisation de la perception .....	167
6.2.4 Discussion .....	169
<b>6.3 Comparaison et validation de la méthode des parcours commentés dans un contexte rural.....</b>	<b>171</b>
<b>6.4 Conclusion .....</b>	<b>171</b>

<b>Chapitre 7. ETUDE PAYSAGERE SENSIBLE <i>IN VITRO</i> .....</b>	<b>175</b>
---	------------

<b>7.1 Expérimentation 1 : Projection d'une animation 3D .....</b>	<b>175</b>
7.1.1 Résultats de l'étude subjective spontanée (les parcours commentés) .....	176
7.1.1.1 Caractérisation de la perception .....	176

7.1.1.2	Contextualisation de la perception .....	178
7.1.2	Résultats de l'étude subjective orientée (les questionnaires) .....	179
7.1.2.1	Caractérisation de la perception .....	179
7.1.2.1	Contextualisation de la perception .....	179
7.1.3	Dispositif virtuel.....	181
7.1.4	Discussion .....	181
<b>7.2</b>	<b>Expérimentation 2 : Interaction avec une Wiimote .....</b>	<b>182</b>
7.2.1	Résultats de l'étude subjective spontanée (les parcours commentés) .....	183
7.2.1.1	Caractérisation de la perception .....	183
7.2.1.2	Contextualisation de la perception .....	188
7.2.2	Résultats de l'étude subjective orientée (les questionnaires) .....	191
7.2.2.1	Caractérisation de la perception .....	191
7.2.2.2	Contextualisation de la perception .....	191
7.2.3	Dispositif virtuel.....	194
7.2.4	Discussion .....	195
<b>7.3</b>	<b>Expérimentation 3 : Interaction avec un vélo .....</b>	<b>196</b>
7.3.1	Résultats de l'étude subjective spontanée (les parcours commentés) .....	197
7.3.1.1	Caractérisation de la perception .....	197
7.3.1.2	Contextualisation de la perception .....	201
7.3.2	Résultats de l'étude subjective orientée (les questionnaires) .....	204
7.3.2.1	Caractérisation de la perception .....	204
7.3.2.2	Contextualisation de la perception .....	205
7.3.3	Dispositif virtuel.....	208
7.3.4	Discussion .....	209
<b>7.4</b>	<b>Conclusion : discussion des protocoles d'immersion et d'interaction des 3 expérimentations <i>in vitro</i>.....</b>	<b>209</b>
<b>Chapitre 8. DISCUSSION .....</b>	<b>215</b>	
<b>8.1</b>	<b>Evaluation de la méthode d'enquête.....</b>	<b>215</b>
<b>8.2</b>	<b>Evaluation de la réalité virtuelle dans la restitution des impacts des éoliennes .....</b>	<b>216</b>
<b>8.3</b>	<b>Evaluation de la réalité virtuelle dans l'étude du paysage .....</b>	<b>218</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>223</b>	
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>225</b>	
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>231</b>	

---

<b>TABLE DES FIGURES ET DES TABLEAUX .....</b>	<b>245</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>251</b>

# INTRODUCTION GENERALE

## L'élaboration d'une problématique pluridisciplinaire autour de l'évaluation sensible du paysage

Le développement durable est, selon la définition proposée en 1987 par la *Commission mondiale sur l'environnement et le développement*, un développement social, économique, et politique qui répond aux besoins présents, sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leur propre développement. Il a pour objectif de préparer un meilleur avenir aux habitants actuels et futurs de la planète. Dès lors, les conséquences du développement durable sont multiples et variées sur notre vie quotidienne dont la notion de *paysage durable* est une des plus notoires puisqu'elle place l'utilisateur au centre de ces préoccupations. Pourtant, à son apparition, le paysage ne véhiculait pas autant d'ambitions.

En Occident, la notion de paysage est apparue pour la première fois au XVI<sup>ème</sup> siècle grâce à la « fenêtre » des peintres de la Renaissance sur le monde et afin de mettre en valeur l'arrière-plan de leurs tableaux. Le paysage est donc né dans l'art représenté comme une production graphique, s'est déployé dans l'espace grâce aux jardins et s'est étendu à la littérature polyphonique puisqu'aujourd'hui la signification du paysage est richement complexe et « *fait éclater les frontières disciplinaires* » (Pitte, cité dans [Dubost 1991]). Le paysage est assurément le produit de l'histoire mais se définit actuellement comme le résultat direct du regard modélisé par l'art pictural et la culture. En effet, l'existence du paysage relève du regard ; un regard éduqué par la médiation de l'art [Roger 1994] (critères esthétiques) et par la société (critères socioculturels) qui n'est pas dénué « d'arrière-pensées » car le regard renvoie à un contact subjectif entre l'espace et un observateur singulier qui a ses propres sensibilités et préoccupations.

L'expérience de l'observateur dans l'espace (l'expérience paysagère ou paysage sensible) est immédiate et intersensorielle. En effet, l'observateur perçoit, interprète et (ré)agit dans l'espace (action réelle dans l'espace ou émotion) : l'environnement fonctionne comme un ensemble de ressources où l'utilisateur va sélectionner les informations avec ses sens, faire appel à ses représentations mémorisées pour comprendre ces informations et réagir en fonction. L'expérience paysagère est aussi immersive et dynamique. En effet, l'observateur ressent mieux les émotions quand il se sent « impliqué » dans le paysage (dedans). Son immersion induit généralement un déplacement dans l'espace afin de le découvrir : c'est la dimension temporelle de l'espace.

« Pour résumer à grands traits, du côté de l'artiste et du paysage : du xv<sup>e</sup> au xviii<sup>e</sup> siècles, il peint des paysages idéalisés sans sortir de son atelier. Au xix<sup>e</sup> siècle, il quitte l'atelier pour aller « sur le motif » et poser son regard sur les pays, les campagnes ou les villes et en faire les paysages de nos regards (peinture, photo, cinéma). À la fin du xx<sup>e</sup> siècle, l'artiste « passe le miroir » et saute dans le « paysage ». Dans sa marche, en arpentant le pays, il devient un temps et une conscience du paysage pour y accomplir son geste de créateur de mondes » [Tiné 2002]. L'utilisateur – qu'il soit artiste, aménageur, agriculteur, élu, observateur – est donc un acteur temporel, immergé et mouvant ;

---

il est indispensable au paysage en lui portant son regard et ses jugements ou en le façonnant. C'est ce rôle fondamental de l'observateur dans le concept paysager qui a été consolidé dans la notion de développement durable et lui a permis d'être au cœur des actions environnementales.

Parallèlement, depuis quelques dizaines d'années, le paysage a évolué d'un statut « passif » de protection de l'environnement à un statut « actif » de gestion et d'aménagement. Dans le contexte français, c'est dans les années quatre-vingt-dix et grâce à la Loi dite « paysage » [RF 1993], qui définit plus précisément les compétences en matière d'appréciation paysagère et aborde ouvertement le concept de la gestion, que plusieurs disciplines s'interrogent sur l'outil paysage comme aide à l'action et à la durabilité. La *Convention Européenne du Paysage*<sup>1</sup> (2000) est ensuite venue confirmer le paysage durable en favorisant le rôle actif et central du paysage dans la planification spatiale et en affirmant l'usager comme acteur principal de cette notion. En effet, la gestion paysagère ne peut se faire sans interroger son acteur principal. Les actions paysagères doivent donc comprendre l'usager et ses différents besoins afin de mieux le servir. La problématique de l'intégration de l'observateur dans le processus d'action s'applique à deux niveaux :

- *En amont du projet* : prendre en compte le « regard » de l'observateur sur son environnement afin de lui proposer un projet en conformité avec ses attentes. Cela revient donc à analyser et à intégrer les valeurs paysagères (perceptions) dans le processus de conception ;
- *En aval du projet* : prendre en compte le « regard » de l'observateur dans le projet conçu en faisant participer les citoyens au processus décisionnel et en les faisant réagir sur le ou les scénarii d'aménagement. Ces scénarii (représentations graphiques) doivent être fidèles à la future réalité construite afin d'optimiser la concertation et de pérenniser la confiance des citoyens.

Aujourd'hui, l'analyse des valeurs paysagères ou l'évaluation sensible du paysage met en place des enquêtes *in situ* basées sur des méthodes comme les entretiens ou les questionnaires illustrés. Dans le contexte rural, il y a peu d'enquêtes et elles sont généralement non-immersives, c'est-à-dire que la perception des usagers repose sur la mémoire (toutes les sensations ne sont pas représentées). Pourtant le paysage résulte d'une relation de « perception/action » entre l'environnement et l'individu qui est immersive, intersensorielle et dynamique. Ces conditions sont indispensables pour l'expérience paysagère. Quant à la médiation paysagère, la participation du public questionne le support de représentation qui doit être explicite pour véhiculer les intentions du projet à des usagers non initiés au paysage. Aujourd'hui, on utilise la cartographie, la photographie, la synthèse d'images, autant de moyens qui ne sont pas toujours adaptés à la concertation parce que certaines informations sensibles y manquent (exemple : le mouvement, le son).

D'un autre côté, les nouveaux modes de représentation utilisant des environnements virtuels 3D se démocratisent avec l'immersion/interaction temps réel. Grâce à Internet, le public d'aujourd'hui est habitué à ces technologies pourtant ils sont rarement utilisés dans des études d'aménagement. Nous pensons que ces nouveaux modes de représentation et plus précisément la réalité virtuelle ont des potentialités pour le projet paysager. En effet, la réalité virtuelle permet l'immersion et l'interaction d'un observateur avec un monde artificiel tout en essayant de respecter les sensations du monde réel nécessaires à son immersion et à son interaction (échelle, mouvement, interaction, ambiances, etc.). C'est dans ce sens que nous proposons dans ce mémoire **la réalité virtuelle comme un nouvel « outil » d'étude du paysage durable et sensible** grâce à ses potentialités de restitution des perceptions.

---

<sup>1</sup> Disponible sur : <http://conventions.coe.int/Treaty/FR/Treaties/Html/176.htm> (consulté le 05/08/2008)

« L'outil » que nous pensons proposer a une définition confuse. En effet, « *le terme d'outil est toujours ambigu, car il condense de manière abusive deux notions : la notion d'outil technique (ensemble de logiciels et matériels techniques plus ou moins complexes d'apprentissage) et la notion d'outil intellectuel (ensemble de modèles, méthodes, information) permettant de répondre à une question conceptuelle ou à un choix de décision* » [Joliveau 2004]. La réalité virtuelle que nous proposons ici condense les deux notions : elle est un outil technique qui nécessite une méthode de travail répondant à un objectif précis. C'est pour cela que nous proposons la réalité virtuelle comme « un outil d'étude » et non comme « un outil de représentation ».

Les projets paysagers peuvent avoir différentes échelles spatiales. L'évaluation de l'utilisation de la réalité virtuelle dans l'étude sensible du paysage nécessite une échelle spatiale limitée et maîtrisable où l'immersion et l'interaction temps-réel de l'utilisateur sont possibles comme dans le cas d'un projet éolien. De plus, l'appréciation des impacts des éoliennes sur le paysage est aujourd'hui contentieuse en ce sens que la représentation des impacts avant la construction du projet se fait généralement avec des photomontages qui ne reflètent pas la réalité du parc une fois construit (figé, limite du champ visuel, ambiances sonores). C'est pour cela que nous avons choisi d'étudier **l'impact des éoliennes sur le paysage** comme application de nos objectifs.

### **Problématique :**

Notre objectif principal dans cette recherche est la construction d'une méthode immersive, multisensorielle et dynamique via la réalité virtuelle afin d'étudier le paysage sensible.

Notre problématique centrale se situe à la croisée du « paysage » et de « la réalité virtuelle » avec les « impacts des éoliennes » comme application paysagère. Elle s'interroge sur **les potentialités et les limites de la réalité virtuelle pour l'étude sensible du paysage**. Nous proposons pour cela une méthode immersive, multisensorielle et dynamique pour étudier le paysage ; elle s'applique à deux niveaux :

- Au niveau de l'analyse du paysage : nous proposons une méthode d'analyse immersive, intersensorielle et dynamique (les parcours commentés) habituellement utilisée dans un contexte urbain. Ces méthodes urbaines se déroulent généralement dans l'espace public et sont basées sur la déambulation de l'utilisateur urbain. Elles ont pour objectif la caractérisation et la contextualisation de la perception immédiate ce qui met en valeur la relation « usager-espace » ;
- Au niveau de la discussion du paysage : nous proposons la réalité virtuelle, grâce à ses potentialités d'immersion et d'interaction, comme un outil pour l'étude sensible du paysage. Pour cela, elle doit restituer les perceptions et l'expérience paysagère immersive, multisensorielle et dynamique.

Ainsi, la problématique générale du paysage appliquée au contexte éolien a pour objectif de déterminer les potentialités et les limites de la réalité virtuelle pour l'étude des impacts des éoliennes sur le paysage. La réalité virtuelle doit restituer les impacts des éoliennes sur le paysage. Nous proposons d'étudier cette restitution en comparant entre l'expérience paysagère du monde réel et celle du monde virtuel. Les perceptions *in situ* et *in vitro* vont être dégagées grâce à des enquêtes dans les deux mondes en utilisant la méthode « des parcours commentés » qui favorise l'immersion, l'intersensorialité et le mouvement. Comme notre approche est empirique et expérimentale, plusieurs

---

enquêtes *in situ* et *in vitro* vont être menées. Elles ont toutes pour but l'identification de l'expérience paysagère, en d'autres termes, la caractérisation et la contextualisation (interaction « observateur-espace ») des perceptions.

### **Organisation de la thèse :**

Notre travail s'organise autour de quatre parties principales (Figure 1) :

- La première partie s'intéressera à l'état de l'art et à la définition de la problématique. L'état de l'art comporte trois principaux chapitres correspondant aux trois thèmes majeurs de cette thèse. Le paysage (1) va nous intéresser tout d'abord en tant que concept et en tant qu'outil et puis nous questionnerons les méthodes d'évaluation et les modes de représentations du paysage afin de cerner les limites et le besoin de nouveaux outils pour l'étude du paysage. La réalité virtuelle (2) nous intéressera premièrement dans sa démarche de conception théorique, deuxièmement dans sa démarche de conception expérimentée dans le champ paysager, architectural et urbain, et troisièmement dans les limites qu'elle peut avoir pour notre type d'approche. Les éoliennes (3) nécessitent d'être placées dans leur contexte général riche (politique, énergétique, social, etc.) avant d'aborder plus particulièrement le cas de leurs impacts sur le paysage. nous concluerons cette partie par la définition de notre problématique et des hypothèses ;
- La deuxième partie concernera la définition de notre méthodologie d'approche et l'application au site choisi. Notre schéma méthodologique (4) introduira les méthodes d'analyse urbaines immersives, multisensorielles et dynamiques comme méthode d'approche du paysage. Cinq enquêtes seront réalisées, nous préciserons notre méthode d'analyse des résultats de ces enquêtes. L'application au site (5) induira d'une part, la définition du site et son analyse paysagère objective et d'autre part, la définition des protocoles expérimentaux pour les différentes enquêtes *in situ* et *in vitro* ;
- La troisième partie sera consacrée à l'expérimentation. Elle exposera tous nos résultats et discussions. Le 6 concernera les deux enquêtes *in situ* : l'enquête non-immersive par les entretiens et l'enquête immersive par les parcours commentés ; les résultats seront discutés pour valider la méthode urbaine (les parcours commentés) pour notre analyse paysagère en contexte rural. Le 7 s'intéressera aux trois enquêtes *in vitro* : l'expérimentation par immersion, l'expérimentation par immersion et par interaction grâce à une Wiimote et l'expérimentation par immersion et par interaction grâce au vélo ; les résultats seront discutés pour évaluer le dispositif de réalité virtuelle utilisé dans la restitution des impacts. Le 8 discutera les conditions de restitution des impacts par la réalité virtuelle et sa validation dans le contexte paysager.
- La quatrième partie est une synthèse générale et une approche critique de notre schéma méthodologique.

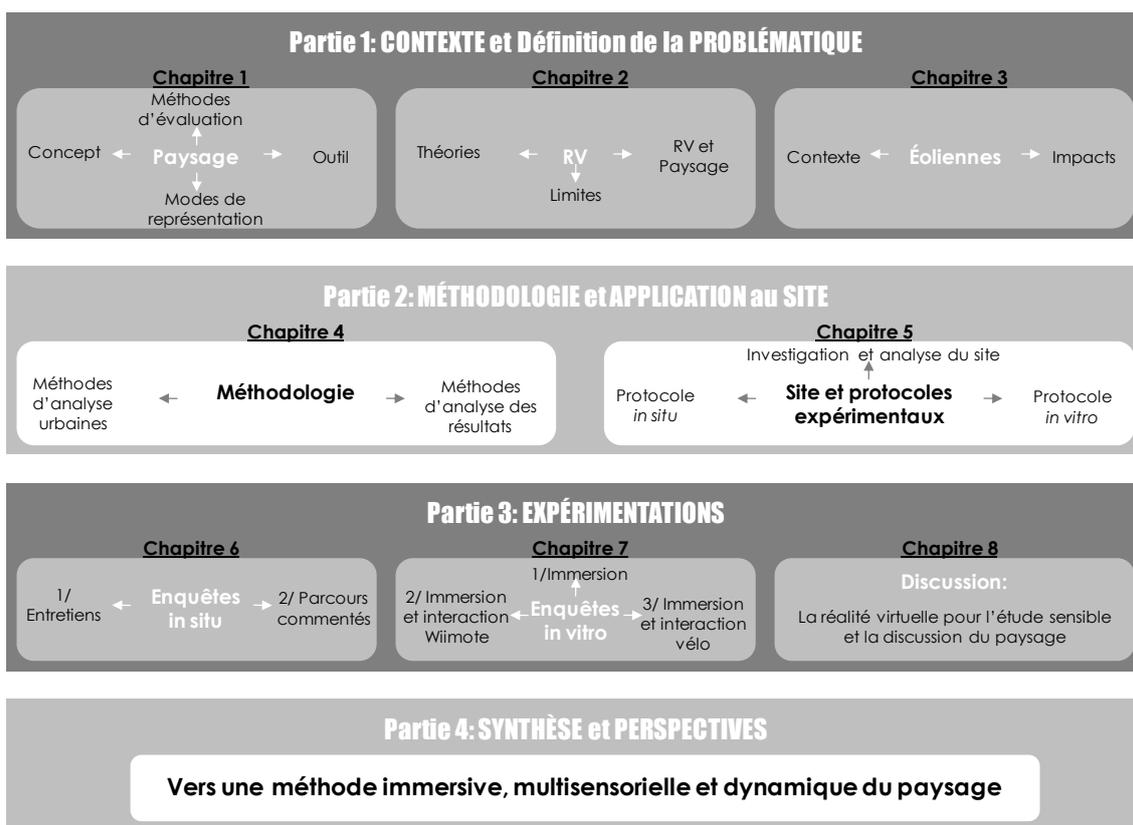


Figure 1 : Organisation de la thèse

---

---

**PREMIERE PARTIE :**  
**Contexte et Définition de la**  
**Problématique**

---

---

# INTRODUCTION

L'utilisateur est aujourd'hui au cœur de la problématique paysagère grâce à son double statut d'acteur du paysage : « observateur-percevant » capable d'évaluer le paysage et « observateur-décideur » capable de juger le projet paysager. Il doit dans ce sens s'exprimer sur les représentations du futur projet ; idéalement la perception de ces représentations virtuelles doit correspondre à celle du paysage réel, une fois le projet construit. Dans notre travail, nous proposons la réalité virtuelle (RV) comme un nouvel outil de représentation pour les projets paysagers grâce à ses potentialités d'immersion et d'interaction. C'est pour cela que le contexte de notre travail renferme donc trois grands chapitres : le paysage et la réalité virtuelle (RV) comme axes directeurs d'une réflexion sur une méthode immersive, multisensorielle et dynamique pour l'évaluation du paysage ; et les éoliennes comme cas d'application de cette méthode.

Dans le premier chapitre, nous définissons tout d'abord le « paysage concept » en insistant sur sa modalité sensible et le « paysage outil » en mettant l'accent sur les deux phases du projet : l'analyse et la médiation paysagère. Ensuite, nous étudions les méthodes mis en place afin d'évaluer les valeurs paysagères *in situ* ; et enfin, nous discutons les modes de représentation déjà utilisés dans les projets paysagers mais aussi ceux qui sont en émergence.

Dans le deuxième chapitre, nous abordons la RV qui a beaucoup intéressé les projets d'aménagement grâce à ses potentialités d'immersion et d'interaction. Pour cela, nous détaillons tout d'abord la RV dans ses principes fondamentaux de conception et dans ses moyens techniques de construction du système virtuel. Nous abordons ensuite les environnements virtuels dans les études paysagères. Enfin, nous concluons ce chapitre avec les limites spécifiques à la RV et que nous sommes susceptibles de rencontrer dans notre application.

Dans le troisième chapitre, nous expliquons notre motivation pour notre cas d'étude : les éoliennes. En effet, les impacts des éoliennes sur le paysage est un sujet qui est traité par plusieurs chercheurs mais nous pensons que nous pouvons apporter de meilleures réponses à ces études. Pour cela, nous allons tout d'abord aborder les éoliennes selon leurs différents contextes : fonctionnel, énergétique et politique, réglementaire, social et paysager. Dans ce dernier cas, les impacts visuel et sonore seront précisés, ainsi que leur étude dans le projet éolien.

Nous concluons cette partie de la thèse avec une synthèse de l'état de l'art qui suscitera nos questionnements et la définition de la problématique. Cette synthèse nous a permis par la suite de construire notre méthodologie.



**Chapitre****1****LE PAYSAGE**

Le paysager prend en compte, à la fois des aspects subjectifs (approche sensible) et des aspects objectifs (approche experte). L'approche sensible, largement abordée dans la recherche, questionne l'observateur sur son expérience paysagère et nécessite la mise en place de méthodes d'évaluation de cette expérience. Quant à l'approche experte, elle domine dans la pratique de l'aménagement et la gestion paysagère et nécessite des supports d'objectivation et de représentation assimilés par tous les acteurs du projet.

Dans ce chapitre, nous nous intéressons tout d'abord aux diverses définitions du paysage en tant que notion théorique et concept mais aussi en tant que notion pragmatique et outil d'action afin de mettre en exergue toutes les dimensions objectives et subjectives du paysage où l'utilisateur joue un rôle primordial en tant qu'acteur du processus paysager. Nous décrirons ensuite d'une part, les méthodes déployées *in situ* pour évaluer ce rôle grâce à l'analyse perceptive des différents acteurs du paysage ; et d'autre part, les modes de représentation graphiques utiles à la compréhension du paysage projeté dans sa phase décisionnelle. La dernière partie de ce chapitre est une synthèse des problématiques soulevées autour du contexte pluridisciplinaire du paysage.

## 1.1 Le paysage concept

### 1.1.1 Définition

Le paysage est une notion *polyphonique* [Droz *et al.* 2005] qui est largement abordée dans la littérature. A son émergence dans la peinture du XVI<sup>ème</sup> siècle, le paysage exprimait ce regard d'une séquence du territoire vue au travers de la fenêtre du tableau, il avait des aspects essentiellement esthétiques et artistiques. La popularisation du paysage est principalement le fait des citadins (après la 2<sup>e</sup> guerre mondiale) qui idéalisait la campagne d'où la construction d'espaces verts, parcs et jardins dans les villes. Jusqu'à aujourd'hui, dans le langage public, le paysage est très lié à l'esthétique et au beau, par conséquent toute réflexion sur le paysage a pour but de plaire, d'être apprécié et accepté par les observateurs. Ainsi, pour Roger [1994], tout paysage est le produit d'une *artialisation*, une construction historique et intellectuelle où le pays se transforme en paysage par la médiation de l'art. Roger soutient aussi que la connivence qui existe entre le paysan et le paysage est de l'ordre de l'outil et du labeur, et non de la contemplation et de l'esthétique, et ne peut donc relever du paysage. A contrario, le paysage nécessite un effet de mise à distance ou d'extériorité : le paysage est toujours paysage d'un espace autre, celui des loisirs, des weekends ou des vacances, du

cinéma ou de la télévision. Paysage et espace vécu sont donc antinomiques. Faire parler de paysage à une société locale, c'est lui faire prendre le parti de l'extériorité.

Pendant longtemps, « l'étendue de pays qui s'offre au regard » se définissait différemment selon la discipline et le domaine de savoir : tandis que le géophysicien parlait d'une approche écologique et de mutations physiques, l'anthropologiste cherchait à comprendre l'expérience usagère du paysage. Dans les années soixante-dix, le paysage est communément reconnu comme une relation hybride et dynamique entre matérialité (caractéristiques biophysiques objectives) et immatérialité (qualités esthétiques et subjectives). Ainsi, le paysage n'est pas figé : il invite à la participation et à l'exploration, il fournit des informations via l'intersensorialité et dégage une ambiance qui reflète ses qualités esthétiques et son contexte social.

En 1984, Brossard et Wieber (cité dans [Paris 2004]) introduisent une nouvelle approche pour définir le paysage. Elle appréhende la notion comme un système complexe de relations articulant au moins trois composantes interdépendantes : l'espace-support, l'espace-visible et l'espace vécu. Cette définition est aujourd'hui popularisée parce qu'elle met en relief toute la complexité du système paysager ainsi que la prépondérance de toutes les disciplines qui coexistent dans la notion. Nous retenons celle de Michelin (cité dans [Joliveau 2004]) (Figure 2) :

- « Le paysage a une dimension **objective** : le paysage comme le résultat d'activités humaines, d'un système territorial et de processus naturels [...]. Le paysage est un objet, un produit. C'est une réalité ;
- *Le paysage a une dimension **sensible**. Parler de paysage renvoie à un acte de perception: un paysage est toujours vu (entendu, senti, touché). Un paysage est toujours lié à un point de vue. Un même paysage objectif, aura une réalité différente en fonction du point de vue choisi. Le paysage est une vue, fondée sur une distance ;*
- *Le paysage est aussi une **interprétation**. La même vue sera lue, interprétée différemment par les acteurs en fonction de leur culture, de leur âge, de leur itinéraire... Au-delà du paysage perçu, se trouve le paysage pensé. Le paysage est un regard ».*

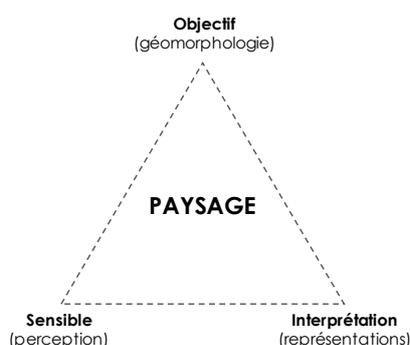


Figure 2 : Le paysage comme système relationnel à trois composantes interdépendantes

En 2000, le paysage est défini à l'échelle européenne comme étant « une partie de territoire telle que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations » (Convention européenne du paysage). Cette préoccupation européenne a eu un rôle indéniable dans le décloisonnement du paysage esthétique vers un paysage enraciné dans une réalité vécue. En effet, cette définition rend compte de la relation médiale

qu'entretient une population avec son espace : « *ce que le paysage nous livre, en fin de compte, ce ne sont ni vraiment des apparences, ni vraiment la nature des choses ; mais un moyen terme : des formes prégnantes, qui sont en nous autant qu'elles sont dans le monde. Ce sont elles qui font que nous sommes au monde comme le monde est à nous* » (Berque, cité dans [Joliveau2004]).

Le rôle de l'homme est aujourd'hui mis en valeur dans l'approche paysagère (observateur ou décideur). Le paysage est d'abord « vu » ou « embrassé du regard » : il a une connotation visuelle forte mais reste multimodal où tous les sens humains sont concernés et participent. Le paysage résulte d'une relation complexe entre l'environnement et l'individu comme être socioculturel doté de sens et de sensibilité. Dans le cas que nous abordons et afin d'évaluer un paysage contenant des éoliennes, il faut comprendre le processus générateur d'un paysage et donc comprendre cette relation complexe « homme-espace ». Dans ce qui suit, nous mettons en relief la dimension subjective du paysage afin de déterminer les outils et concepts qui vont nous aider à évaluer la relation « observateur-espace-éoliennes ».

### 1.1.2 La dimension sensible du paysage

« *Le rapport paysager a toujours à voir avec une identification (les choses ne sont pas qu'elles-mêmes, elles sont aussi en nous). Le paysage conduit à prendre garde de la dimension sensible, métaphorique et symbolique qui s'exprime dans la relation d'une société locale à son espace et à la nature* » [Joliveau 2004]. Le sensible relève donc à la fois de l'idéologie (régé par la société), de la phénoménologie (relatif à la perception), de l'esthétique (jugements plastique, appréciations), de l'affectif (sentiments) et des valeurs attribuées aux objets qui composent le paysage. Il renvoie également aux sens et à la sensibilité physiologique et psychique de l'individu, au monde des objets qui l'entoure et participe à la construction du paysage. « *La connaissance des rapports sociaux au paysage nécessite une multiple contextualisation : spatiale, temporelle, sociale, écologique* » [Luginbühl 2004].

Le sensible dote le paysage de son aspect subjectif, esthétique et social. Straus [1989] assimile cette valeur sensible à la relation entre le paysage et la géographie et la compare à celle entre le « percevoir » et le « sentir » : l'une ne va pas sans l'autre mais le « sentir » précède le « percevoir » et il est objectif alors que le « percevoir » implique les deux : le subjectif et l'objectif. Le « sentir » est notre capacité à percevoir le monde. « *La première vision est une vision sensorielle, mais la seconde vision est une perception. (...) Le bleu clair lumineux d'un objet, je le vis dans l'expérience sensorielle du sentir non comme un état subjectif mais comme propriété objective. Ce qui est subjectif – dans le sens cartésien – n'est pas le bleu tel qu'il apparaît mais le bleu qui a apparu et qui dépend de la réflexion* » [Straus 1989].

La dimension sensible est reconnue depuis quelques dizaines d'années comme moyen de compréhension du paysage (exemple : les travaux de Luginbühl [Luginbühl 1991] et Michelin [Michelin 2005]) et pour rendre compte du rôle capital de l'homme dans la transformation du paysage. La définition systémique du paysage et la Convention européenne du paysage (cf. définition « paysage » ; paragraphe 1.1.1) laisse transparaître ce rôle (Figure 3) qui a donné au rapport social de l'homme au paysage plus de pouvoir dans l'aménagement du territoire. Dans le monde anglo-saxon, Zube [1987] a effectué dans ce sens des enquêtes terrain afin d'apprécier l'implication de l'homme dans le modelage de son environnement ; il en a déduit trois principaux rôles :

- L'homme comme **générateur d'impacts** : il est producteur des changements physiques et biologiques du paysage. Son action sur le paysage varie d'échelle, d'intensité et de type (exemples : pollution de l'air et de l'eau, création de parcs, réaménagement de carrières, extension vers la banlieue).
- L'homme comme **observateur passif** (approche développée par la branche « perception et cognition » de la psychologie) : il reçoit des informations qu'il interprète et y répond émotionnellement. Il subit le paysage.
- L'homme comme **participant actif** au paysage (approche développée par la psychologie environnementale) : leur rapport complexe est continu et interactif (« processus transactionnel continu »). Chacun a des impacts, conscients ou inconscients, sur l'autre :
  - *Impact de l'homme sur le paysage* : la création d'un sentier est un impact « conscient » de l'homme sur le paysage alors que l'érosion causée par une fréquentation accrue du sentier par les randonneurs est un impact « inconscient ».
  - *Impact du paysage sur l'homme* : le paysage peut se « banaliser » aux yeux de son observateur. Le randonneur, à force de fréquenter le sentier, peut changer de perception et penser que ce dernier ne lui convient plus.

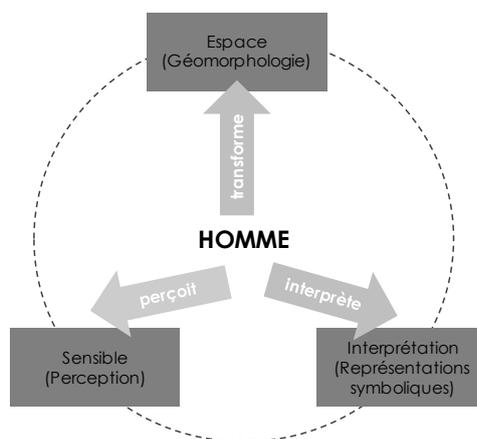


Figure 3 : Le rôle de l'homme observateur/acteur dans le complexe « paysage »

Le paysage est intimement lié à la rencontre « homme-environnement », les processus de perception, d'interprétation, d'action et de réaction par rapport à ce qui est observé donnent lieu à diverses ambiances : visuelles, sonores, tactiles, kinesthésiques, thermiques, gustatives et olfactives. Ainsi, le paysage, longtemps considéré comme étant essentiellement visuel, est aussi une expérience plurisensorielle et intersensorielle qui s'exprime en chacun par ses propres valeurs ou représentations paysagères. Ces représentations constituent les idéaux de l'individu, son expérience passée et ses attentes futures.

Le paysage comme processus subjectif se manifeste dans l'homme qui perçoit une portion de l'espace, qu'il interprète grâce à son vécu et à ses valeurs paysagères et qui suscite en lui une réponse ou une réaction propre. Dans ce qui suit, nous allons, dans une première partie, essayer de comprendre le processus de perception d'un paysage en mettant l'accent sur son intermodalité sensorielle et sur le rôle du mouvement dans la lecture d'un paysage. Cette partie confortera notre démarche immersive et dynamique du paysage. Dans une deuxième partie, nous définirons les

« valeurs paysagères » ou « représentations sociales du paysage » comme moyen pour évaluer la dimension sensible du paysage dans nos enquêtes.

### **1.1.2.1 La perception multimodale et en mouvement**

#### **a/ Définition**

La perception est le phénomène cognitif et psychologique qui nous relie au monde par l'intermédiaire de nos sens. C'est le processus de recueil et de traitement de l'information sensorielle : un recueil par les sens (approche cognitive) et un traitement par l'esprit (approche psychologique). Les recherches sur la perception sont nombreuses dont les principales approches théoriques sont décrites par Delorme et Flückger [Delorme *et al.* 2003] :

- *L'approche développementale* considère la genèse des perceptions en questionnant l'organisme et l'expérience dans le fonctionnement de la perception du bébé ;
- *L'approche psychophysiologique* explique le phénomène psychologique de la perception par son substrat physiologique ;
- *L'approche cognitive*, basée sur la théorie de l'information, associe la perception aux activités mentales parce qu'elle capte l'information sensorielle (entrée du système), la transforme et délivre une réponse (information de sortie) ;
- *L'approche écologique* développée par Gibson [1986] défend l'idée que la perception consiste à extraire l'information dans l'environnement englobant l'être percevant. Elle a introduit une nouvelle approche de la « perception directe ».

L'objectif d'une perception est de présenter à notre cerveau une image cohérente et significative du monde extérieur et de donner à chaque objet sa place dans un tout organisé. « *La perception correspond aux procédures de tri, de sélection qu'un sujet va faire dans le paysage potentiellement accessible aux sensations, en fonction de son histoire personnelle, de sa culture, de sa physiologie, de ses objectifs ou de ses usages* » [Joliveau 2004]. La réalité perçue est interprétée en fonction des schèmes, véritables modèles formés de l'assemblage d'éléments de cette réalité, acquis par l'expérience et que les expériences socioculturelles vont renforcer. Les travaux sur la psychologie de la forme (*Gestalt theorie* [Koehler 1929]) montrent par exemple que, par delà un ensemble de points alignés, l'œil voit la ligne invisible qui les relie. L'appréhension du paysage passe par l'apprentissage du regard.

La perception, en tant qu'ajustement du monde extérieur, nécessite une reconstruction, à l'intérieur de soi, du milieu environnant ; une reconstruction qui combine le milieu environnant et les apports (filtres) personnels. La perception a donc un aspect intégratif et globalisant : elle combine et coordonne divers éléments pour n'en constituer qu'un. Dans ce sens, le paysage est un tout construit, à l'intérieur de l'être humain, du monde qui l'entoure ; chaque élément du paysage peut participer à la construction de plusieurs « perceptions » et chaque « perception » peut se construire grâce à l'agencement de plusieurs éléments du paysage (Figure 4) [Coeterier 1996]. Les psychologues de la Gestalt ont ainsi montré que, d'un côté, les parties participent à la signification du « tout » global (une girafe dans un zoo est perçue différemment d'une girafe dans la forêt) ; d'un autre côté, le « tout » global a des qualités absentes des différentes parties (Figure 5). Quand on reconnaît quelqu'un, par exemple, c'est instantanément l'ensemble du visage qui a du sens. C'est le caractère

holistique de la perception (et du paysage) : considérer un énoncé relativement à l'environnement dans lequel il se manifeste.

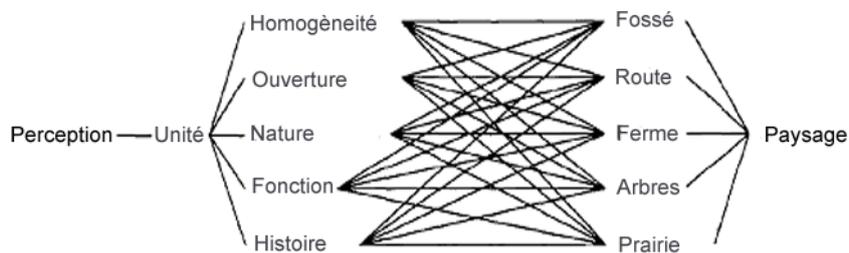


Figure 4 : La relation entre attributs perceptuels / éléments physiques du paysage [Coeterier 1996]



Figure 5 : Gestalt theorie ; « le tout unifié est différent de la somme des parties »

### **b/ La perception multimodale et globale**

Toutes les activités de notre vie quotidienne reposent sur la mobilisation et l'action simultanée de tous nos sens. Par conséquent, les échanges entre l'individu et son environnement sont multimodaux, nous parlons alors d'une perception globale ou intermodale. En général, la complexité de l'intégration de tous les sens en même temps a poussé les chercheurs à s'intéresser au fonctionnement d'une seule modalité sensorielle à la fois alors que nos comportements supposent l'intégration de plusieurs informations provenant de systèmes sensoriels aussi divers que l'audition, la vision, le toucher, la kinesthésie, la proprioception, le goût ou l'odorat. Ainsi, je considère que le téléphone que je vois, que j'entends et que je prends dans ma main est un seul objet et ne consiste pas en trois objets différents.

Dans l'intermodalité perceptive, il y a une organisation ou une structuration initiale qui a été développée par les gestaltistes et qui concerne les données visuelles. C'est une condition préalable selon eux à l'identification des formes. Tout ce que l'on voit, que l'on entend et que l'on ressent fait partie d'un « paysage » où certaines choses sont temporairement en avant-plan tandis que le reste demeure en toile de fond (Figure 6). Ce qui se trouve à l'avant-plan change constamment ; par exemple, quand vous marchez dans un jardin et que, de minute en minute, tel ou tel bosquet capte votre regard, le reste devient flou.

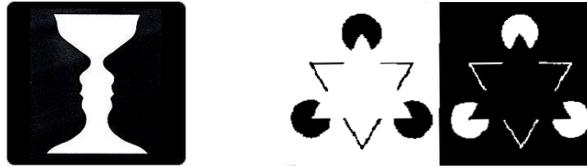


Figure 6 : Influence du fond dans la lecture de la forme (Vase-profil de Rubin / Pictogrammes de Kanizsa)

Dans le cas du paysage, la détection visuelle du fond et des formes constitue notre première relation à l'environnement. « *La perception visuelle crée l'expérience esthétique, préside la communication et contribue de façon importante à la conceptualisation (...) notamment l'organisation perceptive, les formes, les images, l'espace, le mouvement et la couleur* » [Delorme 2003]. Il est courant d'affirmer que la lumière est le stimulus de la vision. Qu'elle soit naturelle ou artificielle, sa réflexion par les objets et les surfaces constitue un stimulus à la perception où l'œil joue le rôle de capteur d'énergie. Le système visuel, qui se prolonge dans le cerveau, tire de l'environnement des informations complexes (formes, couleurs, mouvements, orientation, profondeur) qu'il reconstruit par la suite pour qu'elles soient interprétées sous la forme d'image mentale.

La perception visuelle est assurément la sensation la plus forte et la première à être sollicitée mais les autres sens participent aussi et peuvent parfois même s'imposer (une mauvaise odeur, le bruit d'un trafic routier ou aérien proche). En 1976, Schafer (cité dans [Augoyard 1991]) était notamment le pionnier de la notion de *paysage sonore* comme évaluation des stimuli sonores par l'être percevant et a classé les sons en trois catégories – hormis le silence – : les sons naturels, humains et sociaux. Contrairement à la vision qui « *est inhérente à l'espace, l'écoute est intimement liée au temps* » [Augoyard 1991]. La perception est donc résolument multimodale. Dans le cas d'un paysage, la vision, l'audition, l'olfactif et le toucher coexistent sur un site réel. La multimodalité est donc mieux saisie quand la perception est directe (approches gestaltiste et écologique) et que nous sommes immergés dans le paysage. Dans le cas des éoliennes, une partie des informations sensorielles ne peut être perçue séparément du site : échelle impressionnante, mouvement des pales, bruit, etc. La posture immersive est par conséquent, susceptible de donner de plus riches informations sur le paysage multisensoriel.

### c/ La perception en mouvement

La mobilité constante de notre organe visuel, les mouvements constants de notre tête et de notre corps, et l'animation des diverses composantes de notre environnement font en sorte que l'information sensorielle dont nous disposons est sans cesse changeante. Pour Straus [1989], le *sentir* et le *se mouvoir* forment une unité qui est évidente dans la danse mais qui est encore plus évidente dans notre relation au monde. « *De même que la vision, l'audition, le toucher et le goût sont en interrelation les uns avec les autres, le sentir comme tel est lié par une relation interne au mouvement vivant* » [Straus 1989]. Tout *sentir* implique un *se mouvoir*. Physiologiquement, Delorme [Delorme 2003] distingue deux sources d'information interdépendantes et combinées dans la perception du mouvement égocentrique (relativement à soi) (Figure 7) :

- Le système « image-rétine » détecte les mouvements relatifs à la rétine ;
- Le système « œil-tête » renseigne sur le mouvement des yeux.

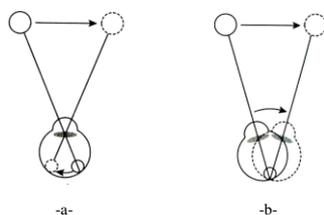


Figure 7 : a/ système image-rétine ; b/ système œil-tête [Delorme 2003]

Pendant longtemps, cette théorie « intra-humaine » du déplacement rétinien était reconnue comme la composante centrale de la perception visuelle du mouvement. A contrario, l'écologie de la perception développée par Gibson met en lumière le caractère indissociable du mouvement (déplacement) et de l'information récupérée par le réseau sensoriel dans l'environnement naturel. Dans son approche, les informations ne sont pas seulement visuelles mais elles sont récupérées dans diverses stimulations optiques, mécaniques, acoustiques, etc. présentes dans le champ sensoriel humain. « *En fait, ce sont plutôt des mouvements relatifs qui sont à la base de l'expérience cinétique. Il s'agit ou bien de mouvements relatifs à ceux de l'observateur, ou bien de mouvements relatifs à des références fixes ou mobiles créant des effets d'occlusion et de désocclusion dans son environnement* » [Delorme 2003]. Outre de renseigner l'organisme sur ce qui est mobile ou fixe dans l'environnement, la perception du mouvement contribue aussi à la perception spatiale et à sa structuration visuelle, inertielle, acoustique, olfactives, etc. ; et lorsque le mouvement couvre tout le champ sensoriel, c'est que le corps est en mouvement, les sens deviennent alors un guide de son action. C'est ce mouvement du corps à travers l'espace qui requiert particulièrement notre attention.

Le mouvement du corps et son évolution spatiale sont ressentis visuellement (le changement du champ visuel induit une nouvelle lecture de l'espace) mais aussi par le flux inertiel qui vient stimuler le système vestibulaire. Ce mouvement structure l'espace perçu en engendrant et en révélant des informations ou stimulations. Par conséquent, les stimulations multimodales extérieures sont à la fois la cause et la conséquence de nos actions. La phrase de Gibson [1979] « *nous devons percevoir pour bouger, mais nous devons bouger pour percevoir* » traduit cette mutuelle dépendance entre *percevoir* et *agir*. Les réflexions sur la perception en action attribuent aussi à l'espace une dimension dynamique et temporelle car la perception se déploie dans l'espace-temps ([Salazar 1996], [Tahrani 2006]) ; mais si l'espace est palpable par les sens, le temps est insaisissable. La perception du temps advient grâce à notre mouvement dans l'espace.

En effet, si nous possédons des yeux pour voir, des oreilles pour entendre et un nez pour sentir, nous n'avons pas de récepteurs sensoriels dédiés à la perception du temps. Or nous sommes pourtant capables de percevoir l'écoulement du temps ou plutôt nous sommes capables d'établir des relations temporelles, celles de nos propres émotions et celles du monde extérieur [Salazar 1996]. Le temps est donc perçu comme une succession d'événements et présuppose ainsi du changement et du renouveau. La perception en mouvement traduit bien cette dimension temporelle puisque l'évolution dans l'espace induit son changement, les changements successifs de point de vue, de directions et de sensations. C'est une manière de percevoir le temps à travers la marche et le mouvement ; et de lier étroitement l'espace au temps. Notre expérience temporelle est ainsi traduite en vécu, en espace vécu. « ... *Le véritable substrat du changement est le corps vivant. Mon présent est donc sensation et*

*mouvement ; et puisque mon présent forme un tout indivisible, ce mouvement doit tenir à cette sensation, la prolonge en action ; mon présent est, par essence, sensori-moteur* » (Bergson, cité dans [Salazar 1996]). La perception en mouvement ou en action a donc une place primordiale dans l'appréhension de l'espace-temps ; c'est pour cela qu'elle est désormais intégrée dans les analyses spatiales grâce au parcours (cf. Section 4.2).

## **d/ Conclusion**

Plusieurs études considèrent le paysage comme un élément constitutif de l'identité spatiale de l'individu qui se construit à travers sa perception et dans sa relation avec l'environnement. Merleau-Ponty [1976] et Piaget, par exemple, estiment que le corps n'est pas qu'un objet potentiel d'étude pour la science ; c'est d'abord le propre d'une expérience subjective, sensitive et psychologique qu'il faut replacer dans son contexte phénoménologique. Pour Gibson [1986] et Zube [Zube *et al.* 1982], l'espace ne peut être passivement observé, il suscite une opportunité pour agir, contrôler et manipuler : le paysage fonctionne comme un ensemble de ressources à l'action. Ainsi, les formes et les pratiques paysagères sont d'importantes sources d'informations pour déterminer la perception du paysage [Zube 1987]. En effet, dans l'espace, chacun de nous (promeneur, agriculteur, urbaniste, élu, habitant, ...) a des attentes propres qui dépassent largement le cadre de la simple esthétique et qui modèlent la perception et l'usage de l'espace. Ainsi, nous acceptons plus facilement les changements paysagers quand ils correspondent à notre utilisation personnelle de l'espace et à nos préférences.

### **1.1.2.2 Les ambiances et représentations paysagères**

Le paysage est à la rencontre de l'homme avec l'environnement. Le paysage perçu et interprété à l'issue de cette rencontre dépend du point de vue de l'observateur mais aussi de la mise en scène de l'environnement c'est-à-dire des ambiances produites et perçues à cet instant-là. L'interaction des ambiances lumineuses (visuelles), sonores (auditives), olfactives, gustatives, tactiles, aérothermiques et kinesthésiques est à l'essence de l'expérience paysagère plurisensorielle. Ainsi, les ambiances paysagères d'une balade matinale sur la plage sont différentes de celles qui composent la balade du soir sur la même plage ; et les ambiances paysagères d'une place publique vide sont différentes de celles ressenties quand la place se remplit et s'agite.

Les ambiances mettent en relief le caractère changeant et dynamique du paysage :

- A travers le temps : les ambiances changent suivant le cycle journalier et saisonnier et suivant les facteurs physiques du climat. Elles offrent à chaque fois une nouvelle mise en images et un nouveau code de reconnaissance [Ormaux 2005]
- A travers l'observateur : la notion d'ambiance, telle que définie par le laboratoire CRESSON, met l'accent sur la réponse de l'observateur à ce qu'il reçoit comme information (signaux, stimulations). Ces réponses sont généralement dynamiques : tourner le regard dans la direction du bruit entendu ou faire une pause parce que l'endroit s'y prête, etc. autant d'ambiances qui se créent à la rencontre de l'observateur et de son environnement.

Nous ressentons le paysage et ses ambiances avec nos représentations sociales. Selon leur définition, les représentations sont « *un processus d'élaboration perceptive et mentale de la réalité qui transforme les objets sociaux (personne, contexte, situations) en catégories symboliques (valeurs, croyances, idéologies) et leur confère un statut cognitif, permettant d'appréhender les*

*aspects de la vie ordinaire par un recadrage de nos propres conduites à l'intérieur des interactions sociales* » [Fischer 1987]. Cette définition renvoie à un acte de perception qui est interprété et traduit en (re)constructions mentales des objets perçus (cf. définition « paysage » ; paragraphe 1.1.1). Par conséquent, bien que le paysage exprime une réalité physique indépendante de tout observateur, l'image de cette réalité est décodée en fonction des représentations que s'en font ceux qui la reçoivent. Celles-ci dépendent d'abord de l'individu, de ses dispositions, de son caractère mais elles sont aussi fortement influencées par des jugements extérieurs plus ou moins puissants : la famille, le groupe social, l'époque à laquelle l'individu appartient, etc. [Luginbuhl 1989].

Selon Dubost [1991], c'est en s'intéressant au paysage urbain et sous l'influence des sémiologues que les géographes découvrent l'importance des représentations, du sens et des valeurs qu'attachent au paysage les différents groupes qui le fréquentent, l'habitent et l'utilisent. Dans les années 70, les enquêtes terrain se multiplient dans le milieu rural afin d'analyser l'espace « vécu » et de dégager les représentations paysagères. Zube a été le pionnier de ces enquêtes ; il défend l'idée que le paysage a différentes « valeurs » ou représentations parce qu'il est le support d'une infinité d'informations. L'observateur opère un tri de ces informations en fonction d'une part, de son vécu, de son attachement au lieu, de ses souvenirs ou encore de ses émotions (perception propre), et d'autre part, des schèmes culturels interprétatifs, de connotations et de symboles collectifs (perception partagée avec le groupe social). Cette relation particulière de l'individu à son milieu – la médiance selon Berque (cf. paragraphe 1.1.1) – amène des représentations sociales diversifiées au paysage. Elles renvoient à notre conception du monde en même temps qu'à notre identité et font du paysage un produit culturel.

Selon Bourassa (cité dans [Chételat *et al.* 2001], les représentations sociales du paysage évoluent au fil du temps puisque notre conception de la vie et nos objectifs évoluent également dans le temps. Il a ainsi déterminé trois filtres à la rencontre desquels se construisent les représentations paysagères et dont deux évoluent dans le temps: « *un filtre instinctif ou biologique (préférence général et objective par tous les humains des paysages mixtes, semi-ouverts permettant à l'homme d'accomplir ses fonctions de base), un filtre culturel (l'appartenance à un groupe social produit une identité et nourrit l'inconscient collectif) et un filtre psychologique (difficile à saisir, amène, par le biais d'expériences vécues et souvenirs personnels des nuances dans le jugement culturel)* ». Ces trois niveaux définissent l'origine de l'appréciation du paysage.

Certains spécialistes ont essayé de classer les représentations chez les acteurs du paysage parce qu'avec l'« hétérogénéisation » de la société, le même lieu peut être perçu de différentes manières. Sautter [1991] par exemple, propose quatre types de représentations du paysage qu'il a nommé « paysagisme » :

- Le paysagisme ordinaire (le paysage vécu par les gens ordinaires) est primordialement centré sur le lieu d'attache : celui où on habite. Un malaise est lié au changement ;
- Le paysagisme utilitaire concerne les représentations de l'espace et les modèles paysagers fonctionnels des spécialistes de l'environnement ;
- Le paysagisme hédoniste comme source de plaisir, de satisfaction, de bonheur : le paysage comme identité par les lieux, réaffirmation de soi et comme plaisir esthétique (celui que procurent la beauté, l'harmonie/désharmonie, l'équilibre/déséquilibre) ;
- Le paysagisme symbolique (facettes sociales et culturelles) : le paysage comme affirmation de soi. C'est le paysage identitaire comme rapport de propriété, de pouvoir et de reconnaissance.

Quant à Joliveau [2004], il a classé les représentations par type d'acteurs ; toutefois, chaque acteur peut être à la fois producteur, consommateur et prescripteur du paysage :

- Dans la production du paysage (producteurs), nous trouvons les agriculteurs, les forestiers, les propriétaires, EDF, ...
- Dans l'usage du paysage (consommateurs), nous trouvons les habitants, les touristes, les visiteurs,...
- Dans la prescription du paysage (prescripteurs), nous trouvons les élus, l'administration, les techniciens,...

Ces différentes représentations révèlent la richesse et la diversité de notre manière de penser, de s'approprier et d'interpréter notre réalité quotidienne. Nous nous sommes intéressés à ces représentations parce que dans le cas des parcours commentés que nous allons aborder dans un parc éolien, le discours des différents observateurs va révéler l'interprétation de leur perception instantanée mais aussi d'un vécu et d'une idéologie plus profonde : les représentations paysagères englobent toute cette complexité de l'observateur. Nous allons les utiliser comme outil d'analyse du paysage à travers les discours récoltés sur ce paysage.

### 1.1.3 Conclusion

Le paysage résulte d'une relation complexe entre l'environnement et l'individu : l'individu agit et transforme son espace quotidien qui, par conséquent, propose une nouvelle perception et une nouvelle action de la part de l'individu. Le couple « perception/action » est continu et génère à chaque fois un nouveau paysage (Figure 8). « *Les sociétés perçoivent leur environnement en fonction des aménagements qu'elles en font et elles l'aménagent en fonction des perceptions qu'elles en ont* » (Berque ; cité dans [Michelin 2005]). L'homme comme usager sensible ou comme aménageur actif est au cœur du concept paysager. Certes, le paysage a des attributs biophysiques importantes à mesurer quantitativement afin d'aider la conception (exemple : un nombre minimum de lux pour l'éclairage d'un bureau) mais ces mesures sont insuffisantes ; elles ont besoin d'être interprétées par l'utilisateur (la même intensité lumineuse peut être perçue suffisante ou insuffisante selon la personne). Ce dernier, avec ses perceptions et ses représentations, est notre porte d'entrée pour comprendre le paysage : l'expérience paysagère est notre champ d'étude.

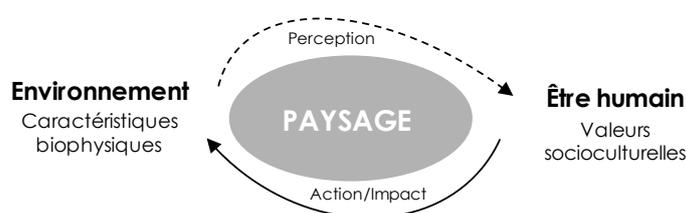


Figure 8 : Le paysage comme résultat de l'interaction « homme-environnement »

Selon Droz *et al.* [2005a], l'anthropologue voit dans le paysage quatre dimensions :

- Le *paysage pratiqué* (l'expérience paysagère par ses perceptions et ses représentations) invite à vivre le paysage et à en faire l'expérience sur site ;

- Le *paysage remémoré* est le paysage du souvenir, décrit par la mémoire. Il émane des représentations socioculturelles que s'est constitué le percevant au cours de sa vie et s'exprime au gré de l'émotion qu'il a suscitée. Il est à la fois discours et représentations ;
- Le *paysage naturalisé* : c'est l'illusion d'un paysage donné objectivement, une réduction du paysage au visible, à un environnement, à la nature (exemple : la perception des citadins par rapport à la campagne) ;
- Le *paysage politique* : l'utilisation politique ou l'instrumentalisation du *paysage naturalisé*. Ce sont des groupes sociaux qui vont « naturaliser » leurs représentations paysagères et les faire passer pour « vrais » et légitimes (exemple : les associations de riverains qui se mobilisent contre les éoliennes).

Dans notre démarche, nous allons surtout nous intéresser au *paysage pratiqué* (expérience paysagère) et à celui *remémoré* d'un observateur parce que les deux autres dimensions désignent une expérience paysagère particulière vécue par certains usagers (qui vont tout de même se manifester dans notre enquête sur les éoliennes). L'expérience paysagère ordinaire nécessite la rencontre d'un observateur et d'un espace à « sentir » ; elle induit d'une part, un processus de perception/interprétation liée à l'observateur et d'autre part, une action dans l'espace. Tout d'abord, la perception sélectionne certaines émotions ressenties qu'elle mémorise afin de construire des schèmes de perception (c'est grâce à eux qu'on juge de nouveaux paysages ou qu'un nouveau paysage peut nous paraître familier). Ensuite, la perception induit une interprétation qui convoque des représentations paysagères et nécessite une remémoration de nos schèmes de perception (*paysage remémoré*). Enfin, une réaction à ce qui est vu est produite dans l'espace (un détournement des yeux, un pas en avant, etc.) (Figure 9).

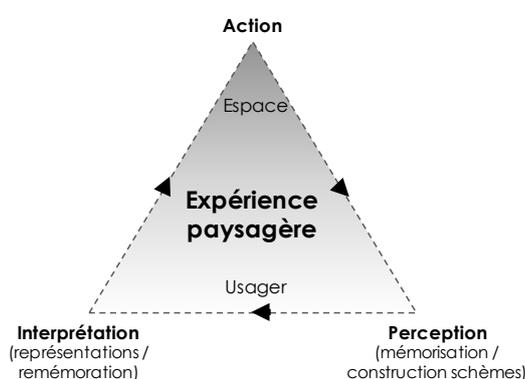


Figure 9 : Processus de mémorisation/remémoration dans l'expérience paysagère.

L'expérience paysagère est ainsi immédiate, intersensorielle et dynamique. La perception immédiate nécessite un usager immergé dans l'espace et qui interagit avec lui grâce à ses sens et à ses mouvements. Ces conditions (immersion, intersensorialité, dynamique par les mouvements) sont indispensables pour l'expérience paysagère. Dans le cas de l'étude sensible d'un paysage éolien, la compréhension et l'analyse du comportement d'un observateur face à un parc éolien (son expérience paysagère) nous permettra de caractériser les impacts perçus. *In situ*, l'intersensorialité va de soi mais dans le virtuel, plus il y a de sensations à restituer, plus il faut faire des compromis afin de ne restituer que les composants les plus importants de l'expérience paysagère d'un parc éolien.

## 1.2 Le paysage outil : la gestion paysagère comme outil de réflexion et d'action sur l'espace

### 1.2.1 Contexte et définition : la dimension sensible est au cœur de la démarche paysagère

Avant les années 90, le paysage en France était présenté sous forme de protection, comme un patrimoine et une mémoire collective à protéger. Il avait un statut « figé ». Au cours des quinze dernières années, le paysage est devenu un enjeu incontournable de la gestion intégrée des territoires et des ressources. L'importance accordée à ce nouvel enjeu est certes indissociable des préoccupations environnementales portées par la population envers le territoire mais elle est d'abord et avant tout le reflet du rôle national et international dans la promotion de ce statut « actif » sur le paysage. Ainsi, étant littéralement « la portion de territoire qui s'offre à la vue », le paysage est en quelque sorte l'incontournable « porte d'entrée » que la population emprunte pour apprécier la qualité de la gestion du territoire.

La Loi Paysage [RF 1993] est l'événement déclencheur du paysage comme outil de gestion. Elle affirme que « *les schémas directeurs, les schémas de secteurs et les POS ou tout document d'urbanisme en tenant lieu, doivent être compatibles avec les directives de protection et de mise en valeur de paysages* » et a été donc à l'origine de la mise en œuvre d'un volet paysager dans le cadre de la procédure du permis de construire. Son principal objectif est d'amener les différents acteurs de la construction à mieux prendre en compte les enjeux paysagers aux différentes phases du projet, que ce soit au niveau de la conception, au niveau de l'instruction administrative ou au niveau de la prise de décision.

Cette loi a été la clé de la gestion paysagère parce qu'elle a permis au public de participer à la protection. En intégrant ainsi la gestion administrative et concertée de l'environnement, le paysage acquiert un nouveau statut « actif » et de nouveaux objectifs que la Convention Européenne du Paysage<sup>2</sup> définit comme « *les actions visant, dans une perspective de développement durable, à entretenir le paysage afin de guider et d'harmoniser les transformations induites par les évolutions sociales, économiques et environnementales* ». C'est un outil de réflexion et d'aide à la durabilité parce que d'une part, le paysage peut être « le produit » d'un projet, d'une action sur l'environnement dont le but est de « *préserver, d'améliorer ou de transformer le paysage (loi paysage, POS paysage, Etude d'impact)*. Il s'agit d'une gestion spatialisée du paysage » [Joliveau 1998]. Et d'autre part, le paysage peut être un « facteur » de projet dont l'objectif est l'aménagement et la planification. Ainsi, « *le paysage est une bonne démarche prospective (sociale et à long terme) et écologique. C'est une gestion paysagère de l'espace* » [Joliveau 1998].

La gestion paysagère est une approche de réflexion et d'action sur l'espace et dans le temps, « *une démarche d'intégration de la dimension sensible dans la gestion de l'environnement ou l'aménagement du territoire* » [Joliveau 2004] et un outil de connaissance et d'échange entre les acteurs. L'enjeu est par conséquent de mettre en valeur le rapport social du paysage (construire la

---

<sup>2</sup> La Convention Européenne du Paysage est disponible à l'adresse : [http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/conv\\_eur\\_paysages.pdf](http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/conv_eur_paysages.pdf)

relation paysagère entre une société et son espace) en confrontant les conceptions et les idéologies spécifiques aux différents acteurs (spécialistes, élus, usagers). Selon Luginbühl [2004], « *le paysage projet se construit dans la mobilisation des acteurs et dans l'espoir d'une participation citoyenne* ».

Le paysage est mouvant dans l'espace et dans le temps, ce qui rend sa gestion complexe. Afin de maîtriser sa dynamique, Joliveau [2003], propose plusieurs contextes d'approches du paysage, ils répondent à des échelles spatio-temporelles croissantes (Figure 10) :

- *Le projet paysager* ou la conception de formes et d'objets paysagers nouveaux (échelle spatiale ponctuelle ; action à court terme) ;
- *Le paysage de projet* ou l'évaluation de l'impact d'un équipement (échelle spatiale ponctuelle à étendue – en fonction de l'objet - ; action à court terme) ;
- *Le paysage d'aménagement* ou le paysage comme moyen et objectif de l'organisation spatiale (l'échelle de la commune ou de la ville comme les PLU ; action à long terme) ;
- *Le paysage de territoire* ou l'aménagement à partir d'une réflexion paysagère (l'échelle d'une ville, d'un département ou d'un pays ; action à long terme).

Le *paysage de projet* ou l'appréciation de l'impact d'un nouvel aménagement paysager – dans notre cas d'étude, il s'agit des éoliennes – est une approche à échelle spatio-temporelle maîtrisable et à dimension humaine que nous avons choisie pour aborder la problématique de la représentation virtuelle du paysage.

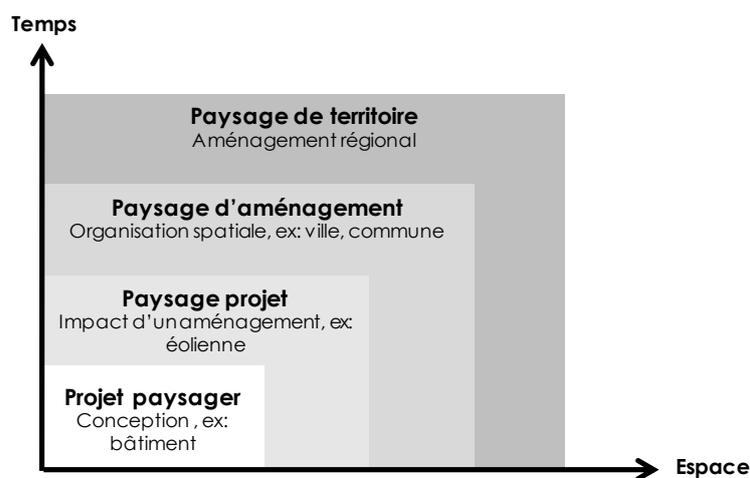


Figure 10 : Les contextes d'approche du paysage selon leurs échelles spatio-temporelles

Bien que la gestion paysagère soit connue et reconnue dans le milieu de la pratique environnementale, elle reste récente (15-20 ans d'existence). Ses méthodes d'approche sont généralement pragmatiques (étude de cas *in situ*) et évoluent avec les aléas du contexte réel. Michelin et Joliveau (contexte français) d'une part et Lange et Miller (contexte anglais) d'autre part, sont parmi les chercheurs contemporains les plus actifs qui essaient de théoriser et de fixer les premiers jalons de la gestion et de la médiation paysagère. Tandis que la démarche objective du spécialiste est peu ou prou codifiée, celle de l'intégration de la dimension sensible dans le projet – qui est une partie considérable de la démarche paysagère – est plus délicate à mettre en place et à

réaliser : les méthodes d'évaluation des représentations paysagères ainsi que les outils de représentation de la concertation restent à discuter.

## **1.2.2 Etapes de la démarche paysagère : deux niveaux d'intégration de la dimension sensible dans le projet**

Pourquoi étudier et gérer le paysage ? Parce qu'il y a une demande sociale : « *les gens nous disent 'on veut du paysage'. Et pour pouvoir s'occuper du paysage, il faut développer des outils, des outils d'analyse, des outils de compréhension, des outils de gestion* » Michelin [2005]. La gestion paysagère n'a pas une démarche unique ou des outils universels. Elle est abordée de plusieurs manières et s'ajuste aux spécialités qui l'abordent et aux spécificités du contexte d'application. Néanmoins, nous pouvons assimiler deux grandes étapes dans un projet paysager : la phase d'étude ou diagnostic et la phase projet. Dans les deux cas, l'évaluation sensible du paysage (analyse/propositions) est clairement énoncée car « *dans le domaine de la gestion des territoires, ce qui nous intéresse d'abord, c'est le rapport des gens à l'espace* » [Michelin 1998].

### **1.2.2.1 La phase d'étude : diagnostic et analyse du paysage**

Selon Gorgeu et Jenkins (cité dans [Joliveau 2004]), plusieurs étapes sont nécessaires à cette phase : l'identification des caractères fondamentaux du paysage, l'analyse du fonctionnement des différentes composantes du système paysager, la détermination des évolutions passées et éventuellement futures du paysage, et la synthèse sur les points forts et les dysfonctionnements du paysage. Ces différentes étapes intègrent une approche objective et une autre subjective du paysage.

Tout d'abord, les caractères fondamentaux du paysage à repérer dans le périmètre étudié concernent les objets paysagers et les ambiances et valeurs paysagères. Ensuite, il s'agit de comprendre la cohérence et l'agencement des composantes paysagères entre elles d'un point de vue esthétique et formel et d'un point de vue sensoriel et sensible. Ce qui amène à dessiner les cohérences à conserver et les problèmes à étudier et à transformer. Puis, la dimension temporelle prend tout son sens quand on se projette dans l'historique du site, ses dynamiques passées, en cours et en prospective. Cela concerne les éléments biophysiques tout autant que l'usager du paysage (par exemple, l'évolution des déplacements des citadins vers des zones périurbaines et de campagne participent aux mutations paysagères dans l'espace rural). Enfin, la synthèse est dessinée grâce aux trois premières étapes et décrit les forces et les pathologies du paysage qui vont esquisser les propositions du projet : les images appréciées généreront des demandes de protection (paysage apprécié, à garder), celles dépréciées susciteront une demande d'intervention.

Nous allons nous intéresser dans notre recherche aux méthodes utilisées pour analyser le paysage. Telles qu'elles ont pris forme à la fin des années 60 ([Lynch 1971], [Linton 1968]), ces méthodes varient entre celles « subjectives » basées sur l'évaluation subjective du paysage généralement à travers des questionnaires (exemples : [Daniel 2001], [Zube 1987]) et/ou des entretiens (exemple : [Chételat *et al.* 2001]) ; celles « objectives » qui utilisent la géomorphologie de l'espace comme indicateurs de la perception humaine [Coeterier 1996] et celles utilisant les deux points de vue. Les méthodes objectives sont assez concises [Linton 1968] parce qu'elles obéissent aux mêmes règles indépendamment du contexte (ex : les lignes horizontales sont apaisantes pour l'usager). Elles sont de bons moyens pour l'évaluation préalable mais insuffisantes car même si les

éléments biophysiques du paysage sont mesurables (par exemple, le son en décibels), ils ont besoin d'être interprétés par la perception humaine (le même son est perçu différemment par les observateurs). Nous développerons plus amplement dans la Section 1.3 l'état des lieux des enquêtes réalisées sur le paysage rural sensible afin de détecter les points forts et les insuffisances de ce genre de méthodes.

### **1.2.2.2 La phase projet : conception et médiation paysagères**

La phase projet correspond à la phase conception où des solutions scénarisées sont construites à partir du constat fait du paysage et sont ensuite proposées par les concepteurs du projet aux autres acteurs du paysage : les usagers (habitants et visiteurs), les producteurs (habitants, agriculteurs, architectes) et les représentants de l'Etat (élu, le Maire). La représentation des scénarios doit être explicite pour que les solutions proposées soient bien assimilées par les différentes parties. La médiation paysagère traduit cette discussion qui s'établit entre les acteurs du paysage. C'est la dimension participative et concertée du projet paysage.

Selon le dictionnaire, la médiation consiste à « *servir d'intermédiaire entre une ou plusieurs choses* ». Ainsi, le travail de médiation consiste à établir un dialogue, il est question ici de tisser des liens entre les acteurs du projet. La démocratisation de l'accès au paysage a impliqué le développement des démarches d'appropriation de l'espace, et du patrimoine socioculturel. Les pratiques de la médiation paysagère désignent aujourd'hui ces démarches d'appropriation et les modalités de mise en relation de la production paysagère avec le public.

C'est grâce à des lois, de plus en plus incitatives, sur la dimension participative et concertée des projets publics (la Loi du 12 juillet 1983 relative à la démocratisation des enquêtes publiques et à la protection de l'environnement ; la Loi Paysage ou la Loi du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité) que l'usager est désormais sollicité pour son opinion vis-à-vis des projets établis dans sa commune. Pour cela, la médiation paysagère doit « *décrire les composantes matérielles du paysage, favoriser l'expression de points de vue sur ces paysages (mode graphique), analyser et représenter les processus de construction et d'évolution des paysages, construire et visualiser des futurs possibles, discuter les orientations et le contenu d'actions dans un esprit de démocratie participative et communiquer avec les habitants* » [Michelin 2005]. Il n'y a pas de règle unique pour la concertation, comme la gestion paysagère, elle est pragmatique et est très liée au contexte (environnement et usagers). C'est pour cela que de nombreux chercheurs s'interrogent sur les moyens d'une « bonne » médiation paysagère.

La question de la médiation – paysagère ou autre – est aujourd'hui posée dans le but d'améliorer le rapport entre les différents acteurs surtout celui entre les concepteurs et les usagers. Des initiatives sont proposées pour réussir le débat autour du paysage : il faut qu'il débute le plus en amont possible ; que les décisions appliquées soient arrêtées collectivement ; que tous les groupes sociaux soient inclus dans le débat public ; et que tous les points exprimés soient pris en compte [Molines 2003]. Toutefois, la question d'une « bonne » concertation reste posée car encore conflictuelle : les concepteurs n'ont pas l'habitude de discuter leur projet hormis avec le maître d'ouvrage et les usagers mobilisés dans les réunions sont généralement les consommateurs du paysage (résidents secondaires, périurbains) qui sont plus sensibles à l'esthétique du paysage que les producteurs de paysage (agriculteurs, forestiers). De plus, il y a une confiscation du discours paysager par ceux qui connaissent le discours paysager (les esthètes, les instruits) au détriment des ignares [Joliveau 1998].

La médiation a pour objectif la mobilisation des acteurs et la sensibilisation au paysage. Deux modes de mobilisation/sensibilisation des acteurs sont couramment utilisés [Joliveau 1998] :

- *Mobilisation/sensibilisation directe – in situ* : la visite sur site est très mobilisatrice mais difficile à mettre en œuvre (surtout dans les projets de grandes étendues). Elle permet l'échange sur le terrain et dégage la dimension sociale du paysage mais elle pose le problème de la non représentativité des acteurs mobilisés.
- *Mobilisation/sensibilisation indirecte – in vitro* : elle est plus facile à mettre en œuvre, à prolonger ou recommencer et surtout moins chère. Le débat se fait par des animations ou questionnaires après l'exposé des spécialistes.

La mobilisation *in vitro* est la plus utilisée aujourd'hui mais le support ou document paysager varie : il y a des documents « statiques » tels que le dessin, le photomontage, le bloc-diagramme et d'autres « animés » tels que les vidéos et les animations 3D. « *Les méthodes de gestion paysagère concertée de l'espace rural posent en permanence la question de la représentation : que montrer ? Quelles vues choisir ? Quelles techniques adopter ? Quoi montrer et à quel moment ?* » [Joliveau 1998]. Sachant que le paysage a une forte connotation personnelle et subjective alors que les techniques de représentation paysagère exposent généralement un point de vue objectif ou celui subjectif du spécialiste, la démocratie des projets publics se pose donc la question de l'outil de représentation adéquat à une médiation paysagère. Dans notre recherche, nous nous intéressons à cette problématique de l'outil : quand le discours s'adresse à des non-initiés, comment représenter le projet et comment transmettre les réelles intentions paysagères ?

### 1.2.3 Conclusion

Depuis les années quatre-vingt-dix, le paysage est progressivement passé d'un statut figé de protection à une dimension plus active de gestion et d'aide à la durabilité, ce qui a soulevé plusieurs problématiques d'application dont celle de l'intégration des usagers et de leurs représentations paysagères dans les actions sur le paysage nous intéresse à deux étapes du projet :

- En amont (phase diagnostic): analyser et intégrer les représentations paysagères dans le processus de conception. Quelles méthodes pour l'évaluation sensible du paysage ?
- En aval (phase projet): faire participer les citoyens à la concertation et les faire réagir sur les scénarii proposés. Quels supports de représentation compréhensibles par les usagers ?

Contrairement aux approches « objectives » des experts qui sont couramment utilisées dans le cadre de la pratique professionnelle, les méthodes d'évaluation sensible des paysages sont moins nombreuses et ont principalement été développées et utilisées dans le cadre de recherches universitaires. Basées sur les perceptions, ces approches qualitatives portent sur l'amélioration de la prise en compte des préférences des utilisateurs et cherchent à connaître leurs réactions, opinions et préférence en regard du paysage [Lynch 1982]. Plusieurs reproches sont faits à ces méthodes, nous évaluerons leurs avantages et leurs inconvénients dans la section suivante.

La médiation paysagère a besoin d'images. L'utilisateur de l'espace ne peut pas comprendre les intentions d'un projet sans les voir concrètement. Visualiser un paysage futur est aussi important que le discours verbal. Le choix des supports graphiques adéquats à une démarche concertée se définit suivant le projet et les besoins. Michelin [2005] pense qu'il est difficile d'emboîter les échelles d'espace et de temps, c'est-à-dire de trouver un outil interactif qui visualise la dynamique paysagère

en temps voulu. Alors que nous pensons que la RV peut apporter certaines réponses aux questionnements de la médiation dont celle de l'échelle spatiotemporelle.

### 1.3 Méthodes d'évaluation sensible du paysage rural : les méthodes d'enquêtes

Les années 60-70 ont vu un intérêt croissant pour la production de méthodes d'analyse du paysage sensible car une attention particulière a été suscitée par le public envers la protection de « leurs » paysages [Arthur *et al.* 1977]. Ces méthodes varient entre les deux visions du monde introduites par Moles [Moles *et al.* 1998] qui explique que notre perception et nos conceptions de l'espace sont déterminées par deux philosophies de lectures différentes (Figure 11) :

- *Le monde comme étendue* : c'est le point de vue d'un observateur qui n'habite pas l'espace (point de vue extérieur) où tous les éléments sont équivalents à ses yeux. C'est un observateur averti et expert (concepteur). Il correspond à une appropriation exploratoire. C'est le cas, par exemple, des vues axonométriques ou de l'étude architecturale à partir de plans (espace géométrique, objectif) ;
- *Le monde comme centré* : c'est la perception immédiate de l'espace, de l'espace du moi, l'habitant immergé est le centre du monde. L'importance des êtres, des choses et des événements diminue avec la distance à mesure que décroît la perception elle-même. C'est un point de vue qui reflète le « vécu » de l'utilisateur et sa réalité quotidienne où l'échelle spatiotemporelle est primordiale. C'est une appropriation par l'habitant (s'approprier le « ici »). C'est le cas, par exemple, des vues en perspective ou des photos prises par un piéton (espace vécu, subjectif).

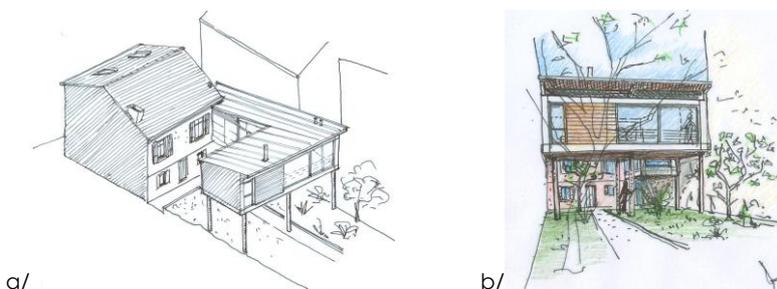


Figure 11 : Point de vue « extérieur » vs. Point de vue « intérieur » d'une même habitation (source personnelle)

Ainsi le point de vue « extérieur » correspond aux approches écologiques et objectives du spécialiste qui utilisent des modèles objectifs esthétiques préétablis tandis que le point de vue « intérieur » correspond aux approches psychologiques et phénoménologiques qui questionnent l'observateur sur son expérience spatiale (modèles subjectifs). La seconde moitié du 20<sup>ème</sup> siècle sera marquée par des débats entre les partisans des deux approches [Arthur *et al.* 1977]. Si dans la philosophie moderne, le modèle subjectif domine, au sein de la pratique professionnelle, le modèle objectif demeure largement reconnu et utilisé. Un compromis semble néanmoins s'instaurer dans cette controverse « objectif-subjectif » : plusieurs méthodes combinées apparaissent. Elles s'appuient

sur une conception selon laquelle l'appréciation esthétique est le résultat de l'interaction entre un individu et le territoire, mais qu'elle n'est en aucun cas attribuable à l'un ou à l'autre de ces éléments pris séparément. Dans ce qui suit, nous nous intéresserons seulement brièvement à l'analyse objective de l'expert parce que notre travail vise l'approche subjective, la manière dont elle est aujourd'hui abordée et ce que notre recherche peut apporter pour ce type d'approche.

### **1.3.1 Les approches objectives basées sur « le spécialiste »**

Les approches reposant sur l'évaluation effectuée par un expert ont pour principal objectif d'évaluer le paysage en tant que ressource essentiellement visuelle afin d'en dégager les modèles objectifs (exemple : [Krause 2001, Daniel *et al.* 1983]). Elles abordent généralement le paysage comme un tableau, de manière figée dans l'espace et dans le temps et s'appuient sur les qualités esthétiques d'un objet telles que les lignes de forces, la disposition des plans, les couleurs, les textures, etc. A partir de ces inventaires descriptifs, le spécialiste peut caractériser le paysage : unité, vivacité, variété et d'autres modèles objectifs exprimant la force et/ou la faiblesse du paysage. Ces analyses visent à établir un diagnostic, à enrichir la banque de données utilisée dans le cadre de la planification et à concevoir le projet paysager.

Les approches objectives font face à de multiples critiques [Daniel 2001]. La première est liée à la difficulté de pondérer les éléments analysés (en fonction de quels critères les éléments sont-ils désignés comme significatifs ?). En effet, les outils utilisés pour analyser le paysage sont simples par rapport à une réalité complexe et ils ne tiennent pas compte de l'évolution des modèles dans le temps. Ensuite, une autre critique fréquemment formulée envers ces méthodes concerne la précision de l'évaluation : la validité de l'approche est remise en cause parce que l'évaluation est le plus souvent basée sur l'opinion d'un individu unique, un autre spécialiste pouvant en arriver à une catégorisation différente. Enfin, l'autre problème rencontré avec ces méthodes et qui confirme notre approche immersive du paysage, c'est la mono-sensorialité visuelle et l'absence d'une analyse dynamique (les mouvements dans le paysage lui-même et celui de l'utilisateur).

Compte tenu de la contestation de ces méthodes, certaines d'entre elles tentent de plus en plus de tenir compte des valorisations collectives et d'accroître le rôle des observateurs dans leur approche en intégrant des enquêtes de perception plus qualitatives. Par exemple Coeterier [1996] a essayé dans son article de justifier et de valider ses modèles objectifs par des enquêtes avec les habitants (modèles subjectifs) (cf. paragraphe 1.1.2.1 ; Figure 4). Dans le cas de la perception en mouvement, plusieurs études objectives ont ainsi essayé d'étudier le paysage sous forme de séquences (d'après l'approche urbaine de Lynch [1960]). Dans ce cas de figure, nous pouvons citer l'étude de Grislin *et al.* [2004] qui se sont mis à la place de l'observateur pour prendre des photos panoramiques et essayer de « quantifier » le paysager vu tout au long de son itinéraire pédestre (vers Saint-Jacques de Compostelle en Franche-Comté). Cette étude montre à quel point le paysage se construit à travers les déplacements qui permettent de lier « espace, mobilité et temporalité ».

### **1.3.2 Les approches subjectives basées sur « l'utilisateur »**

Dès 1979, Sautter (cité dans [Michelin 1998]) soulignait qu'on ne pouvait « prétendre aménager les lieux, ou simplement rendre compte de ce qu'ils sont, sans prendre en charge cet élément

*essentiel : le regard des habitants* ». Le besoin de connaître les idéaux des utilisateurs de l'espace pour étudier le paysage a marqué l'essor des approches subjectives. Elles restent toutefois largement utilisées dans le milieu de la recherche universitaire au détriment du milieu professionnel parce qu'elles sont demandeuses en ressources humaines, financières et temporelles.

Les approches subjectives renvoient à des méthodes généralement qualitatives visant à mettre en valeur des perceptions et plus fréquemment les préférences des individus, des usagers et/ou des groupes pour une meilleure prise en compte des qualités esthétiques du paysage dans le cadre de la gestion paysagère. Elles reposent sur l'idée que le paysage ne peut se décomposer en éléments objectivables, qu'il n'est pas apprécié en fonction de critères « universels » et qu'il constitue une réalité que l'on apprécie selon des critères subjectifs. Ces méthodes cherchent donc à déterminer ces critères subjectifs ou représentations sociales du paysage étudié. Selon Michelin [1998], les représentations du paysage s'appuient sur la perception qu'ont les différents acteurs de l'espace qui les entoure. Cette perception dépend de *critères physiques de visibilité* (effets d'écran dû au relief, à la présence de forêts, aux conditions atmosphériques, etc.) et de *critères spécifiques à l'individu* liés non seulement à l'acuité visuelle ou à une plus ou moins grande mobilité sur site mais aussi à la culture individuelle et collective, aux rapports sociaux, à l'esthétique et à l'émotion. Dès lors, les approches subjectives ne négligent pas les éléments biophysiques du paysage mais les traitent comme des stimuli provoquant des réactions psychologiques (sentiments de bien-être, de sécurité par exemple) au cours de processus perceptuels et cognitifs. Toutefois, la quasi-totalité de ces méthodes ne considère que les processus de perception visuelle.

Les méthodes subjectives sont généralement fiables et précises même avec un nombre petit à moyen de sujets (5-30) [Daniel 2001]. Le seul principal reproche, qui a été longtemps fait à ces méthodes, concerne la validité d'une évaluation basée sur les perceptions des individus [Daniel 2001], car celles-ci peuvent être hautement variables selon la personnalité de l'observateur, là où il habite, son profil socio-économique, la durée de l'observation, les caractéristiques biophysiques du paysage, la dynamique de ses composants et sa complexité, etc. Cependant, les recherches sur les préférences paysagères ont montré qu'il existe un certain consensus parmi les individus, comme par exemple des préférences pour les paysages naturels ou quasi-naturels et les paysages semi-ouverts [Coeterier 1996]. Ces consensus sont utiles pour la conception du projet paysage.

Nous résumons dans le Tableau 1 quelques enquêtes étudiées qui se distinguent/se regroupent selon leurs types d'approches, leurs objectifs et leurs méthodes (les couleurs sont interprétables par colonnes : par exemple, la même couleur dans la colonne « type d'approche » signifie que le même type d'approche est utilisé). Nous nous intéressons particulièrement, dans ce qui suit, aux objectifs et aux méthodes d'enquête utilisés.

<b>Auteur</b>	<b>Type de l'approche</b>	<b>Objectifs de l'enquête</b>	<b>Méthode d'enquête</b>	<b>Résultats</b>
Griselin 2004	Approche objective (point de vue subjectif)	Caractériser le paysage tout au long d'un itinéraire	- Se mettre à la place du promeneur : séquence photographique de l'itinéraire	- Mise en valeur des rythmes et de la dynamique du paysage - Lien entre espace, mobilité (piéton) et temporalité

Clay et al. 2000	Approche mixte (subjective à but objectif)	L'influence de la politique d'aménagement de deux forêts sur les préférences des observateurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pré-enquête avec des usagers <i>in situ</i> (entretiens fermés)</li> <li>- Enquête avec des spécialistes / étudiants (commenter des photos des parcs)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Préférences pour les photos représentant un espace vert ouvert et central encadré par une forêt.</li> <li>- La politique d'aménagement des forêts influence la composition des espaces de pâturage (vert) et les préférences des observateurs.</li> </ul>
Coetezier 1996	Approche mixte (subjective à but objectif)	Déterminer les attributs esthétiques du paysage des Pays-Bas à travers les préférences visuelles des habitants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entretiens semi-directifs (approche verbale)</li> <li>- Commenter des photographies panoramiques (approche picturale)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Représentations paysagères : 8 attributs au paysage</li> <li>- L'<i>usage</i> et l'<i>unité</i> du paysage sont prédominants dans le discours</li> <li>- La <i>nature</i> est le caractère « spontané » du paysage.</li> </ul>
Cadiou 1991	Approche subjective	Mettre en évidence ce qu'évoque le terme « paysage » pour les ruraux	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entretiens semi-directifs avec support photographique (photos du Domfrontais et paysages français)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le paysage est tout ce qui est « beau »</li> <li>- Paysage et utilité : éléments utiles = éléments paysagers</li> <li>- Paysage et activité : sensibilité aux paysages avec une empreinte humaine</li> <li>- 3 représentations dégagées : paysage de façade, du vécu et d'intérieur</li> </ul>
Michelin 1998	Approche subjective <i>in situ</i>	Elaborer une méthode d'analyse des représentations / déterminer les éléments subjectifs affectifs et rejetés du paysage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Questionnaire et des appareils photo jetables pour l'illustrer</li> <li>- Visite du site (immersion)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le mot « paysage » est remplacé par « pays »</li> <li>- La méthode (immersion/questionnaire/appareils photo) est un bon moyen de concertation : cerner l'identité du paysage, les éléments qui défigurent et l'évolution dans le temps</li> </ul>
Michelin 2000	Approche subjective	Analyser les représentations paysagères des agriculteurs en Artense / évaluer « bloc-diagramme »	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entretiens avec support graphique : le bloc-diagramme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le bloc-diagramme a facilité le dialogue des agriculteurs dans le but d'une gestion concertée : les éléments visuels sont des catalyseurs à la discussion.</li> </ul>
Chételat et al. 2001	Approche subjective	Définir des modèles objectifs du paysage jurassien à partir des perceptions des spécialistes de l'environnement (les intégrer dans un SIG)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entretiens semi-directifs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 modèles de représentations : <i>tendance conservatrice</i> qui prône un paysage figé, <i>tendance pragmatique</i> (vision évolutive selon les besoins), <i>tendance romantique</i> (dimension scénographique importante)</li> </ul>
Guispelli et al. 2005	Approche subjective	Dégager les modèles paysagers subjectifs dominants des paysages alpins / les utiliser dans la concertation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entretiens semi-directifs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 modèles paysagers : <i>modèle régional pastoral</i> (agriculteurs, élus), <i>modèle nostalgique</i> (défense de la nature), <i>modèle emblématique</i> (travail agricole)</li> </ul>

Tableau 1 : Résumé de quelques enquêtes de l'espace rural afin de dégager les différents objectifs et méthodes suivis

L'objectif principal des études subjectives est d'abord de dégager les représentations paysagères et de constituer des banques de données et/ou des *modèles paysagers*<sup>3</sup> [Guispelli *et al.* 2005] destinés à fournir des indications sur les préférences esthétiques en vue de projet de gestion [Chatélat *et al.* 2001] ; c'est aussi notre objectif prospectif concernant l'enquête *in situ*). Toutefois, Palmer [1977], cité dans Chatélat *et al.* [2001] attire l'attention sur le fait que les modèles paysagers sont le produit d'une époque, ils évoluent dans le temps mais sont relativement stables pendant une décennie.

Les modèles paysagers – schèmes de pensée communs – dégagés peuvent être, soit fortement liés à leur contexte et donc non utilisables dans d'autres études, soit « universels » et utilisables dans d'autres contextes :

- Dans le premier cas, nous pouvons citer l'exemple de l'étude de Guispelli *et al.* [2005] qui a pour but de caractériser les modèles paysagers dans les Alpes du Nord. Les résultats ont révélé quelques modèles locaux : le *modèle régional pastoral* qui est supporté par les locaux (agriculteurs et élus) contrairement aux individus extérieurs ; le *modèle nostalgique* est supporté par les associations de protection de l'environnement qui refusent tout changement ; et le *modèle emblématique* de la profession agricole qui est fondé sur la valeur du travail agricole. Ces modèles sont spécifiques aux Alpes du Nord. L'enquête de Guispelli *et al.* [2005] voulait se distinguer par sa méthode et non par ses résultats.
- Dans le deuxième cas, nous pouvons citer deux enquêtes : tout d'abord, l'étude de Chatélat *et al.* [2001] auprès des spécialistes de l'environnement jurassien. Trois modèles de représentations ont été dégagés : les *conservateurs* ont une représentation fonctionnelle du paysage (activités traditionnelles telles que l'élevage), les *pragmatiques* ont une vision évolutive du paysage (mise en valeur optimale, selon les besoins) et les *romantiques* ont une dimension culturelle et scénographique importante du paysage (le paysage spectacle). Ces trois modèles sont retrouvés chez la plupart des spécialistes de l'environnement et influencent leurs tendances paysagères. Ensuite, l'étude de Cadiou [1991] sur le paysage de Domfrontais a démontré l'existence de trois modèles paysagers chez les habitants : le *paysage de façade* est celui qu'on veut montrer aux autres, un paysage pour les touristes ; le *paysage du vécu* correspond à celui ordinaire du quotidien et le *paysage d'intérieur* est un paysage rêvé, de carte postale dans lequel on se projette. Ces trois représentations sont « universelles », elles se retrouvent dans d'autres contextes et sont donc utilisables comme données pour la conception de projets paysagers.

Toutes les enquêtes subjectives sur le paysage n'ont pas pour objectif de produire des modèles paysagers. Certaines sont destinées à l'exploration de méthodes innovatrices d'évaluation paysagère et ne sont reliées à aucune gestion ni à aucun projet en particulier (exemple : [Guispelli *et al.* 2005], [Michelin 1998, 2000]) et d'autres essaient d'étudier l'influence ou l'impact d'un aménagement sur les perceptions (exemple : [Clay *et al.* 2000] ; c'est le cas de notre étude sur les éoliennes).

Les méthodes subjectives du monde rural recourent fréquemment à des questionnaires et/ou à des entretiens :

- Le **questionnaire** écrit est facile à produire ce qui favorise un grand nombre de participants et un délai court de réalisation et de récolte des données. Les questions composant un questionnaire peuvent être soit des questions ouvertes ou à réponse libre, soit des

---

<sup>3</sup> Modèle paysager : « Chaque catégorie d'acteurs construit un modèle paysager correspondant à des représentations sociales spécifiques. Ces modèles sont des schèmes cognitifs permettant la lecture d'un espace et de le qualifier en tant que paysage. Les modèles paysagers sont plus ou moins esthétiques et symboliques » [Guispelli *et al.* 2005].

questions fermées, dites à choix multiple ; les deux cas peuvent se présenter ensemble. Les questions ouvertes poussent l'enquêté à exprimer librement ses opinions ; c'est pour cela qu'elles doivent être bien précisées au risque d'être incomprises et d'apporter des réponses qui ne concernent pas l'enquête. Alors que les questions fermées (réponse par « oui » ou par « non » ou à choix multiples) sont très directives et permettent d'avoir rapidement des résultats quantitatifs à des préoccupations qualitatives mais nous pensons que ces résultats sont insuffisants pour décrire toute la complexité de la subjectivité.

- « **L'entretien** est un événement communicationnel au cours duquel les interlocuteurs, y compris l'enquêteur, construisent collectivement une vision du monde » [Mondada 2001]. L'entretien nécessite du temps de la part de l'enquêteur et de l'enquêté, il est plus difficile à produire ce qui restreint le nombre de participants par rapport à un questionnaire. Il peut être directif, semi-directif ou libre. L'entretien directif répond aux mêmes critères qu'un questionnaire « verbal ». L'entretien semi-directif correspond à une conception interrelationnelle (le discours comme produit dynamique) qui est une construction intersubjective entre l'enquêteur et l'enquêté : l'entretien se construit au fur et à mesure de l'évolution du débat. Ce type d'entretien est le plus fréquemment utilisé dans les enquêtes parce qu'il permet à l'enquêteur de cadrer les propos de l'enquêté dans les thématiques qu'il veut aborder (le guide d'entretien) tout en le laissant s'exprimer librement sur chaque thème. L'entretien libre correspond à une conception représentationnaliste (le discours comme produit statique) dont la fonction première est de recueillir des informations. Le rôle de l'enquêteur y est minime [Mondada 2001].

Les questionnaires et les entretiens sont certes une source d'information rapide et valable mais elles ont vite montré leurs limites pour le thème du paysage [Arthur *et al.* 1977] parce que ce dernier est difficilement exprimable par les mots : « *s'agissant de la sensibilité esthétique, affective, symbolique ou poétique, l'expression se heurte à la pudeur, qui masque les sentiments éprouvés, souvent formulés avec difficulté. Cette sensibilité fait partie de ce qui ne s'exprime pas aisément devant une tierce personne* » [Luginbül 1991]. C'est pour cela qu'aujourd'hui ces méthodes utilisent des supports graphiques : les sujets réagissent à des descriptions, des photographies, des paysages réels (sur site) ou moins fréquemment à des enregistrements sonores [Anderson *et al.* 1983]. L'approche picturale active la mémoire de l'enquêté sur le paysage, anime le discours et donne des informations visuelles plus riches concernant les rapports qu'entretiennent les usagers avec l'espace.

Cependant, l'utilisation des photographies, ou plus récemment de simulations virtuelles, employées en remplacement de paysages réels au sein des évaluations, est fréquemment questionnée [Bishop 2001a]. En effet, la sélection préalable des photographies pourrait être susceptible de biaiser les résultats et il est difficile de savoir si c'est le paysage photographié ou la photographie elle-même qui est évaluée [Luginbühl 1989]. On reproche aussi à ces supports d'être limités du point de vue du champ visuel ([Coeterier 1996] a par exemple utilisé des photographies panoramiques pour une meilleure représentativité du champ visuel humain) et influencés par le point de vue du spécialiste qui les fournit. Afin d'y remédier, Michelin [1998] a proposé d'accompagner ses questionnaires par des appareils photos jetables où les enquêtés photographient librement sur site (d'après des questions-thèmes proposées) et commentent ensuite leurs clichés. Cette enquête a permis de dégager les éléments que les habitants considèrent comme les plus représentatifs de leur environnement tout en évitant l'influence du point de vue de l'enquêteur dans les illustrations. Selon l'auteur, la discussion ainsi « illustrée » peut être un bon moyen pour la médiation paysagère. Toutefois, nous pensons que cette approche ne prend pas avantage de l'immersion des enquêtés *in situ* pour étudier les autres aspects sensoriels du paysage et la dynamique spatiale à travers les mouvements de

l'observateur. Une autre approche de Michelin [2000] a consisté à utiliser le bloc-diagramme pour accompagner ses entretiens. Le caractère objectif de ces dessins a pour but de ne pas influencer le discours des enquêtés. Mais le bloc-diagramme récolte certaines critiques de la photographie : point de vue statique, perception mono-sensorielle (visuelle).

### **1.3.3 Conclusion : portées et limites des méthodes d'enquête de l'espace rural**

Les efforts des chercheurs vont aujourd'hui vers l'étude de la dimension subjective du paysage dans un souci de durabilité. L'utilisateur est au centre des débats politiques, économiques, sociaux et donc d'aménagement. Cet intérêt croissant est encourageant pour voir se multiplier les évaluations paysagères et l'intégration de l'utilisateur dans le processus de concertation, c'est ce qui a suscité notre propre travail de recherche. Les méthodes utilisées pour évaluer l'expérience sensible du paysage sont essentiellement les questionnaires et/ou les entretiens – illustrés ou non –. Ce genre de méthodes a l'avantage d'être adapté à une enquête de courte durée et d'intégrer un grand nombre d'échantillon de personnes. Toutefois, les efforts fournis pour étudier le paysage sensible ne correspondent pas encore à la réalité immersive, intersensorielle et dynamique de l'utilisateur. C'est pour cela que nous allons proposer à l'étude sensible du paysage des méthodes d'investigation immersives qui sont déjà utilisées et validées dans l'espace urbain (cf. Section 4.2).

## **1.4 Outils de représentation du paysage**

La « représentation » est l'image que l'on se fait d'une chose, c'est une construction de l'esprit (cf. paragraphe 1.1.2.2) et une synthèse cognitive dotée des qualités de globalité, de cohérence, de constance et de stabilité. Elle est obtenue par un processus de construction à partir de plusieurs choses : l'action du réel sur nos sens (la perception), notre mémoire (des schèmes mentaux) et les fantasmes qui nous font privilégier certains aspects plutôt que d'autres. Cette construction que nous projetons ensuite sur le réel forme une boucle sélective (dans le sens où une partie de la réalité est éliminée) qui achève de nous mettre en relation avec ce réel [Morin 1986]. Quand nous percevons un paysage, nous nous le représentons : on ne voit pas une fleur mais la représentation d'une fleur. Tout ce qu'on voit est une représentation de notre esprit.

Avant d'être un outil de discussion, la représentation « dessinée » était le moyen du dessinateur/artiste pour exprimer sa vision du monde et une émotion ressentie dans la réalité authentique ou la réalité symbolique et imaginaire de l'artiste. C'est pour cela qu'elle a une valeur autre que la simple représentation qui n'en est que le point de départ. Ce que nous percevons de ces supports est donc la représentation (la nôtre) d'une représentation (le dessin) d'une représentation (celle du dessinateur) d'un paysage. « *Si l'on perçoit le paysage à la fois comme un objet, une vue et un regard, toute représentation du paysage fabrique en quelques sortes ce dont on parle en même temps qu'elle sert de support au discours. C'est important car c'est à travers les représentations que le paysage s'incarne. Les documents de mobilisation sont le médium de cette image partagée, ils sont cette image. Le document paysager ne représente pas le paysage dans une démarche concertée, il le devient* » [Joliveau 1998]. C'est ce qui fait toute la complexité des outils de représentation : la réalité représentée est déjà chargée de symboles ; il y a une extrême diversité de moyens de figurer cette réalité.

La médiation permet la construction d'un paysage consensuel mais pluriel parce que les acteurs du paysage sont multiples : ils proviennent de milieux différents, de spécialités différentes et ont des objectifs personnels divergents. Pour communiquer ensemble, ils recourent à l'outil de représentation – produit par le spécialiste – pour s'exprimer et voir évoluer leur concertation. Cet outil doit donc être accessible (compréhensible par tous) et évolutif (les solutions proposées changent dans le temps et de nouvelles solutions sont dessinées). Les acteurs spécialistes et gestionnaires du paysage se posent la question de la représentation à chaque nouveau projet. Elle est généralement liée au mode de gestion proposé : « *que montrer ? Quelles vues choisir ? Quelles techniques adopter ? Quoi montrer et à quel moment ?* » [Joliveau 1998].

La cartographie, la photographie, le photomontage, les images de synthèse, les vidéos, etc. sont autant de moyens disponibles au concepteur et spécialiste du paysage pour exprimer ses scénarios et les discuter avec les collectivités locales et les citoyens. « *Le choix du mode de représentation est central dans une démarche de gestion paysagère qui entend relier l'objet matériel, sa réalité sensible et les représentations mentales qu'il génère. Le paysage n'a d'existence qu'une fois exprimé, médiatisé pour être soumis à autrui. Les documents de la gestion paysagère fabriquent le paysage autant qu'ils le représentent* » [Joliveau 2004]. Nous présentons dans ce qui suit d'une part, les outils de représentation classiques les plus utilisés dans la médiation paysagère ; et d'autre part, les outils de représentation qui recourent à l'informatique et qui sont en plein essor parce qu'ils permettent d'objectiver, d'accélérer et de systématiser les traitements, et peuvent être complémentaires d'autres méthodes développées par les paysagistes. Dans un dernier paragraphe, nous discutons les potentialités et les limites des modes de représentation actuels.

### **1.4.1 Les outils de représentation classiques**

Dans une médiation paysagère, les modes de représentations usuels peuvent être groupés selon deux types : les représentations du point de vue centré de « l'observateur » et celles du point de vue étendu de « l'expert » (op. cit. [Moles *et al.* 1998] ; Section 1.3).

#### **a/ Représentations du point de vue centré de « l'observateur »**

Ce groupe incorpore toutes les représentations qui montrent un point de vue fixe ou mobile de l'observateur telles que les vues réelles sur le terrain, la vidéo, la photographie, les croquis et peintures. Ce type de représentation est apte à une médiation paysagère « usager-expert » parce qu'il est compréhensible par l'utilisateur.

Les *vues réelles sur le terrain* constituent la manière la plus fidèle de traduire l'expérience paysagère de l'observateur : elles sont immersives, intersensorielles et dynamiques ; et capables d'étudier différents périmètres selon le mode de déplacement (à pied : petite distance ; à vélo : moyenne distance ; et en voiture : grande distance). Néanmoins, ce mode pose la question du choix des itinéraires (quelles vues privilégier ?) et celle de l'accessibilité au site (quel mode de déplacement : A pied ? A vélo ? En voiture ?). De plus, la visite réelle du site ne peut donner qu'un état des lieux de l'existant : comment montrer le nouvel aménagement qu'on veut y apporter ?

La *vidéo* – excepté les vues réelles – est le seul mode de représentation classique qui soit capable de rendre le sonore avec le visuel ; tous les autres modes sont exclusivement visuels. Ceci présente un avantage de taille pour la multisensorialité du paysage. La vidéo traduit aussi une expérience

paysagère dynamique sauf en ce qui concerne le cadrage de la caméra (point de vue limité). De plus, les mêmes questionnements relatifs aux choix des points de vue, l'accessibilité au site et surtout la présentation d'un nouveau projet à incorporer dans la vidéo (l'insertion d'objets virtuels dans une scène réelle – comme les outils de la réalité augmentée – est aujourd'hui possible mais encore exceptionnelle) sont aussi de rigueur.

La *photographie* (Figure 12) est une représentation pseudo-fidèle d'une portion de l'espace que nous supposons accessible parce que vue par l'œil du photographe. En effet, ce dernier (expert ou amateur) décide – selon ses intérêts propres – du point de vue à cadrer et à figer dans le temps. Ce mode de représentation est contesté pour ce choix délibéré du photographe qui n'est pas « commun » à tous ; pour la difficulté à appréhender l'espace 3D à partir d'une image en 2D ; et pour le caractère limité dans l'espace (l'espace étudié est réduit) et dans le temps. Pour présenter un nouvel aménagement, le photomontage, qui répond aux mêmes potentialités et limites de la photographie, est aujourd'hui très utilisé (surtout pour des projets d'impacts d'objets tels que les éoliennes). Pourtant, le nombre d'informations sensibles transmises et nécessaires à une expérience paysagère réelle y sont réduites.



Figure 12 : Photographie d'un paysage avec en arrière-plan des éoliennes (source personnelle)

Les croquis (Figure 13) et peintures reprennent les limites de la photographie en ce qui concerne l'espace cadré, le manque de relief et l'arrêt dans le temps. Cependant, tandis que la photographie est une représentation fidèle de la réalité « objective », les croquis et peintures sont très subjectifs et chargés d'émotions : l'effet regard et la part d'interprétation, du dessinateur y sont beaucoup plus marqués.

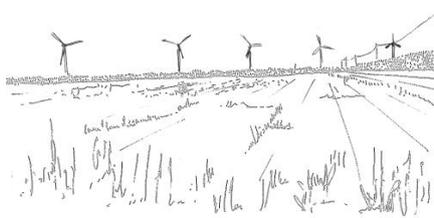
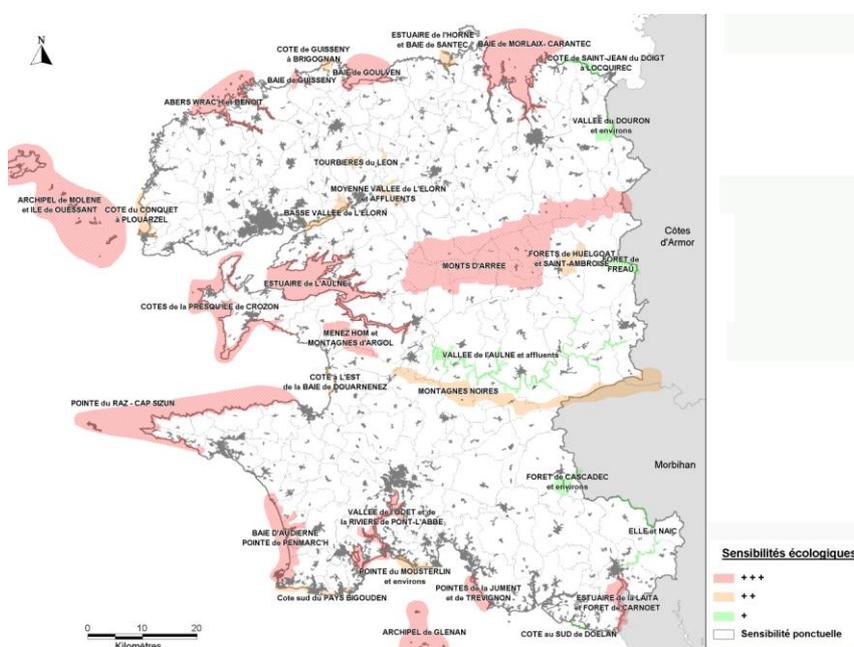


Figure 13 : Croquis d'un paysage rural (source personnelle)

## b/ Représentations du point de vue étendu de « l'expert »

Ce groupe renferme les représentations qui correspondent à un point de vue global et objectif et à une échelle spatiale étendue. Elles ne représentent donc pas le point de vue centré d'un observateur réel. Nous pouvons citer dans cette catégorie l'exemple des cartes en 2D et du bloc-diagramme. Ce type de représentation est adapté à une médiation paysagère « expert-expert » parce qu'il est compréhensible par les spécialistes du paysage. Certains habitants peuvent les assimiler mais d'autres en seront exclus.

La carte (Figure 14) comme la photographie aérienne est un dessin en deux dimensions, vu du dessus du sol où les entités paysagères sont représentées symboliquement grâce à des formes et des couleurs. Elle a l'avantage de traduire des paramètres paysagers et des intentions sur une grande échelle spatiale. Cela permet aux experts de travailler et de planifier le paysage en continuité entre unités paysagères, communes, départements, voire régions. Toutefois, les grandes lignes directrices prennent le dessus sur le soin du détail.



Le bloc-diagramme (Figure 15) est une représentation en perspective et en coupe d'une zone géographique délimitée. C'est une représentation en trois dimensions plutôt objective de la réalité pour ne pas influencer le point de vue des acteurs de la médiation. Elle nécessite un point de vue avisé du paysage (Michelin [2000] l'a, par exemple, utilisé avec les agriculteurs).

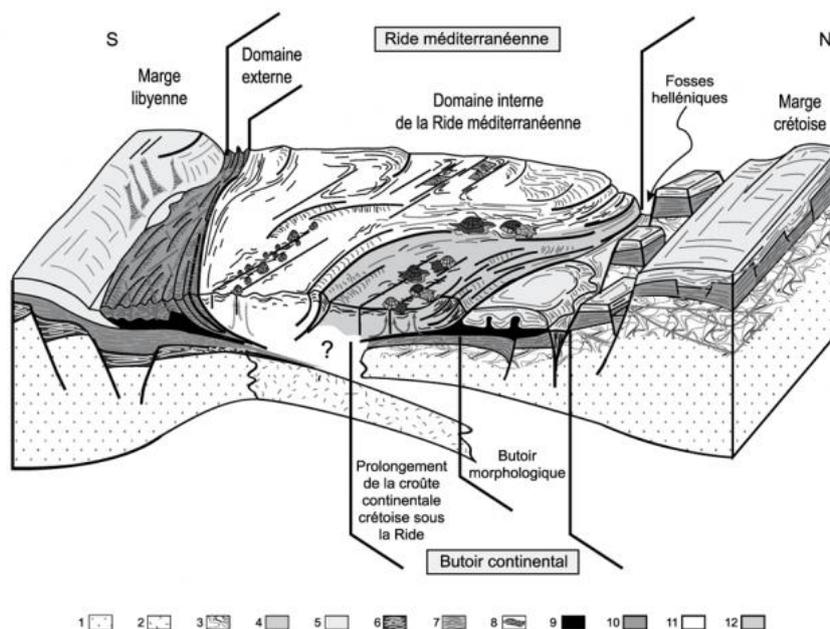


Figure 15 : Le bloc-diagramme (source : [Michelin 2000])

### c/ Conclusion

Les outils de représentation répondent à des échelles spatiales diverses et à des objectifs variés, nous présentons dans le Tableau 2 une synthèse des ces supports qui nous aide à cerner les critères déterminants du mode de représentation adéquat à la médiation paysagère. « *Le choix du ou des modes de représentation n'est donc pas anodin dans une démarche de mobilisation/animation de gestion paysagère. Selon les types de support utilisés, on risque de favoriser un type de lecture plutôt qu'un autre. Il semble donc conseillé de diversifier les types de rendu* » [Joliveau 1998]. L'argumentaire et les explications du spécialiste au cours d'une médiation paysagère sont aussi assimilés à une « re-présentation » courante du projet paysager.

Outils de représentation				
Catégorie	Type	Avantages	Limites	Rôle dans la gestion paysagère
Point de vue « usager »	Vue in situ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fidèle à la réalité : immersive, intersensorielle, dynamique</li> <li>- Périmètre d'étude étendu selon le mode de déplacement (à pied, en voiture)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Choix des itinéraires</li> <li>- Accessibilité au site</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Phase « diagnostic » (analyse subjective)</li> </ul>
	Vidéo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fidèle à la réalité: multisensorielle, pseudo-dynamique</li> <li>- Point de vue dynamique et panoramique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visuel et sonore</li> <li>- point de vue « cadré »</li> <li>- Choix des itinéraires</li> <li>- Accessibilité au site</li> <li>- Périmètre d'étude limité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Phase « diagnostic », « conception » et « médiation » (réalité augmentée)</li> </ul>
	Photographie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pseudo-fidèle à la réalité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mono-sensorielle</li> <li>- Figé dans le temps et dans l'espace</li> <li>- Choix de point de vue : le photographe et non l'utilisateur</li> <li>- Périmètre d'étude limité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Phase « diagnostic », « conception » et « médiation » (photomontage)</li> </ul>
	Croquis, peinture	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Qualité esthétique</li> <li>- Lisibilité</li> <li>- Dessin en perspective</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mono-sensorielle</li> <li>- Figé dans le temps et dans l'espace</li> <li>- Influencé par le point de vue et l'émotion du dessinateur</li> <li>- Périmètre d'étude limité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Phase « diagnostic », « conception » et « médiation »</li> </ul>
Point de vue « expert »	Carte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lisibilité</li> <li>- Objectivation des données paysagères</li> <li>- Périmètre d'étude étendu (continuité paysagère)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mono-sensorielle</li> <li>- Dessin en 2D</li> <li>- Figé dans le temps et dans l'espace</li> <li>- Détails paysagers non pris en compte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Phase « diagnostic », « conception » et « médiation »</li> </ul>
	Bloc-diagramme	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lisibilité</li> <li>- Objectivation des données paysagères</li> <li>- Périmètre d'étude étendu</li> <li>- Dessin en perspective</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mono-sensorielle</li> <li>- Figé dans le temps et dans l'espace</li> <li>- Détails paysagers non pris en compte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Phase « diagnostic », « conception » et « médiation »</li> </ul>

Tableau 2 : Avantages, limites et rôle des outils de représentations classiques dans le projet paysager

Joliveau [1998] estime que les modes de représentations classiques dessinent généralement des scénarios tellement concrets, bien représentés et détaillés qu'ils rendent la discussion et la revue de projet difficile ; ce qui n'est pas le cas des modes de représentation informatisés. En effet, le principal avantage des outils numériques c'est leur réversibilité.

### 1.4.2 Les outils de représentation numérique

Les outils de représentation numérique se développent au rythme de l'évolution rapide des nouvelles technologies. Leur capacité à explorer des espaces imaginaires et réels, passés et futurs a fait d'eux un outil d'aide à la décision crédible pour les projets d'aménagement. Ils intègrent aujourd'hui différentes étapes de la gestion paysagère : 1/ la phase « diagnostic » en facilitant l'étude

objective (exemple : calcul d'intervisibilité) et subjective (exemple : étude de parcours de randonnée dans le monde virtuel [Bishop 2001] du paysage et 2/ la phase « projet » en facilitant la visualisation des scénarios entre spécialistes d'une part ; et entre les spécialistes, les élus et les citoyens d'autre part. Ces outils numériques offrent soit, une aide dans le calcul et la quantification de données paysagères (évaluation objective) ; soit, une visualisation d'un contexte spatial futur et des phénomènes en jeu que l'esprit a du mal à se figurer (évaluation subjective).

#### **a/ Outils de représentation pour une évaluation objective du paysage (point de vue « expert »)**

Ces outils s'intéressent à étudier objectivement et quantitativement le paysage. Il y a tout d'abord, les *outils 2D de cartographie et de gestion de l'espace* qui effectuent des descriptions et classements de paysages vastes à partir de critères descriptifs objectifs [Joliveau 2004]. Ensuite, l'*approche multicritère* consiste à utiliser des fonctions de croisement, superposition, synthèse et agrégation pour mettre en lumière des phénomènes particuliers ou expliciter les facteurs à l'origine de l'évolution des paysages [Durand 2003]. Enfin le calcul de visibilité et d'*intervisibilité* (exemple le logiciel « Evaluations de Paysage Interactives » (EPI) [Paris 2004]) qui modélise la visibilité en 3D sous la forme d'estimations quantitatives de ce que verrait un observateur placé à n'importe quel point d'un territoire. Ces outils ont l'avantage d'être sans limite spatiale, c'est-à-dire qu'ils peuvent étudier des petits périmètres comme de grandes étendues. Cependant, ils ne considèrent que la perception visuelle et nécessitent une certaine culture de la cartographie et des codes numériques pour être compris dans un processus de concertation. Tous les usagers ne sont pas tous aptes à saisir l'abstraction d'autant plus que le paysage subjectif et le point de vue sensible et multisensoriel est une information importante manquante dans ces représentations. L'association de ces représentations avec des représentations « sensibles » peut donner de bons résultats.

#### **b/ Outils de représentation pour une évaluation subjective du paysage (point de vue « utilisateur »)**

Ces outils de représentation numériques construisent des vues en 3D du point de l'utilisateur grâce aux logiciels de CAO et de DAO. Les spécialistes issus de la sphère architecturale et paysagère recourent couramment aux *vues paysagères numériques* [Joliveau 2004] construites à partir de ces outils afin de figurer visuellement les changements dans le paysage qu'ils soient effectifs ou planifiés, animés ou statiques. Les vues peuvent être soit réalistes et correspondre à un point de vue humain (c'est le cas qui nous intéresse le plus) comme elles peuvent correspondre à une vue générale et « à vol d'oiseau » pour prendre en compte plus de paramètres dans l'espace (elles correspondent à une évaluation objective du paysage dans ce cas). Ces supports graphiques sont utilisés entre experts pour concrétiser et visualiser leurs projets mais aussi entre les acteurs de la médiation paysagère parce qu'ils ont la capacité de produire rapidement des environnements virtuels et de pouvoir facilement les retoucher. Nous distinguons un grand écart entre l'utilisation de ces moyens de représentations dans la pratique paysagère par rapport au milieu de la recherche.

Les images de synthèse sont les modes de représentations les plus utilisés dans la conception et la médiation paysagères. Les animations sont aussi beaucoup utilisées [Joliveau 2004] mais les images de synthèse sont plus faciles à produire à moindre coût et elles sont à la portée des usagers non initiés au paysage. Les animations nécessitent, quant à elles, un dispositif de visualisation (projection, écran) et par conséquent un local de réunion des acteurs. Ce mode de visualisation des paysages numériques est très critiqué parce que la « virtualité » peut conduire à une confiscation technique et à une déréalisation de l'espace paysager [Joliveau 1998]. Beaucoup de travaux de

recherche sur la cognition se sont alors intéressés à la validation des images et animations virtuelles dans la médiation paysagère en comparant des photographies réelles à des images virtuelles [Lange 2001] ou des photographies réelles avec des images et des animations issues du VRML (Virtual Reality Modeling Language) [Lim *et al.* 2005]. Les participants qui ont jugé ces images ont trouvé que les images de synthèse ont un haut degré de réalisme. Cependant, nous pensons que cela n'empêche pas les images de synthèse de cumuler tous les biais des photographies tels que la posture statique dans le temps et dans l'espace (cf. paragraphe 1.4.1) ; elles ne constituent donc pas non plus un bon mode de représentation de l'expérience paysagère.

Le milieu de la recherche a saisi les limites des images de synthèse et des animations pour le rendu paysager, par conséquent, de nouvelles méthodes se développent aujourd'hui afin de faciliter l'accès des modes de représentation à l'utilisateur. Leur but est de se rapprocher de l'expérience paysagère ordinaire, c'est-à-dire immersive, interactive et dynamique. Danahy [2001] par exemple, insiste sur l'importance de la vision dynamique et affirme qu'une bonne évaluation perceptive du paysage n'est possible dans les environnements virtuels que grâce à la navigation temps-réel. Dans ce sens, Bishop *et al.* [2001] et Lim *et al.* [2005] ont expérimenté la perception visuelle en mouvement à travers un parcours virtuel afin de confirmer l'importance de l'immersion et du mouvement dans l'appréhension du paysage. Bien que ces méthodes soient efficaces dans l'évaluation sensible du paysage et comme moyen de représentation pour la concertation, elles ont du mal à se démocratiser dans la pratique paysagère parce qu'elles sont encore complexes à mettre en place et onéreuses. De plus, la quasi-totalité de ces approches sont exclusivement « visuelles » (mono-sensorielles) parce qu'il est difficile d'intégrer la multisensorialité dans les environnements virtuels. Nous développerons plus en détail les études perceptives du paysage virtuel dans la Section 2.3.

## **c/ Conclusion**

De nouvelles approches des modes de représentation informatisée du paysage tendent à globaliser la gestion paysagère dans un même système capable d'évaluer quantitativement et qualitativement le paysage. C'est le cas des systèmes d'informations géographiques (SIG) qui produisent des représentations objectives et/ou subjectives du paysage à partir des données intégrées. Mais étant donné qu'une des principales critiques des SIG est leur complexité pour être un bon outil de médiation, une tentative de démocratisation tend à coupler les SIG (gérer les informations paysagères) avec les techniques de la RV (présenter les changements paysagers). Dans cette démarche, Stock *et al.* [2006], par exemple, ont voulu démontrer que ce couplage permet tout d'abord aux spécialistes de proposer des solutions paysagères plus variées (facilité de modification et de production des environnements virtuels). Il permet ensuite aux acteurs non initiés au paysage de naviguer à travers l'espace virtuel et de discuter les solutions à différentes échelles (spatiale, économique et sociale). Et il facilite enfin la revue de projet par les usagers eux-mêmes.

### **1.4.3 Conclusion : limites et potentialités**

Les modes de représentations statiques ne répondent plus aux besoins de la médiation paysagère parce qu'ils sont sévèrement limités : le paysage des images 2D qu'on montre aux acteurs « correspond à une découpe dissociant de manière stricte le cadre et le hors-cadre, alors que notre champ visuel possède plutôt des limites floues ; il est rectangulaire (format paysage !) alors que notre champ visuel est sphéroïde ; il est homogène alors que notre vision procède par points de

*fixation sélectifs ; il est fixe alors que nos yeux bougent sans cesse ; enfin, il s'est doté d'un point d'observateur unique alors que nous le découvrons généralement dans l'itinéraire... » [Ormaux 2005]*

Les spécialistes du paysage s'accordent à dire qu'il faut dépasser les « images paysagères statiques » d'autant plus que les outils de représentations actuels sont capables de rendus toujours plus réalistes, d'interaction toujours plus grande et ont beaucoup de succès auprès du public grâce à la diffusion de leur visualisation sur Internet à des fins informatives (Google Earth, les pages jaunes, 3D des villes) ou ludiques (jeux vidéo). Les individus sont habitués aux environnements virtuels. Cette accessibilité croissante suscite la crainte des spécialistes car l'outil de représentation comme outil de travail et de communication peut tomber dans la primatie de l'esthétique au dépend de la qualité [Joliveau 2005].

La démocratisation des outils de représentation n'est pas suffisante pour que ces derniers fassent un bon moyen d'étude du paysage. Selon De Blomac [2004], la représentation du paysage doit toujours être un compromis entre le détail (que modéliser ?) et l'efficacité (pour quels objectifs ?). Tandis que Michelin [2005] suggère plusieurs conditions nécessaires au support de représentation paysagère :

- « *fidèle à la réalité mais assez nuancé pour favoriser la discussion et l'échange des idées ;*
- *compréhensible par tous (initiés et non initiés du paysage) ;*
- *exempt de valeur esthétique susceptible d'influencer les acteurs non initiés ;*
- *exprimant des modèles fonctionnels négociables (capables d'être changé rapidement) ».*

Le paysage a donc besoin d'un outil de représentation **accessible** aux différents acteurs, **compréhensible** par tous et surtout par ceux non initiés au paysage, et **réversible** pour pouvoir revoir facilement et rapidement les différents scénarios. Notre méthode basée sur les techniques de RV doit intégrer ces paramètres pour être un bon moyen de représentation.

Les outils informatiques sont généralement critiqués parce qu'ils sont destinés aux spécialistes aux dépens de l'usager [Joliveau 2003 ; Paris 2004]. Notre démarche veut démontrer que ces outils de représentation ne sont pas optimisés et qu'ils peuvent aussi servir à des fins sensibles. Nous nous intéressons donc à restituer dans le virtuel l'expérience paysagère réelle, c'est-à-dire immersive (échelle réelle 1/1), interactive (interaction temps-réel : déplacements, mouvements) et multisensorielle (selon le paysage étudié). Notre objectif de l'étude virtuelle est d'intégrer la phase de projet du paysage (faire comprendre le scénario paysager à l'observateur ; discuter la solution et la faire évoluer).

## 1.5 Conclusion générale

Nous allons conclure ce chapitre sur le paysage en rappelant les objectifs de ces différentes parties et nous introduirons ensuite notre proposition d'étude. Premièrement, le paysage est une notion centrée sur son observateur. L'expérience paysagère qui en découle est immédiate, intersensorielle et dynamique. De ce fait, le meilleur moyen pour étudier le paysage est l'immersion d'un observateur dans le paysage afin qu'il puisse interagir, grâce à ces sens et à ses mouvements, avec l'espace multisensoriel et dynamique. Deuxièmement, le paysage dans son nouveau statut d'outil d'action et d'aide à la durabilité a besoin de nouvelles méthodes pour 1/ analyser le paysage

sensible (dégager les représentations paysagères) et 2/ améliorer le processus de concertation dont un des moyens est de réfléchir à de nouveaux modes de représentation accessibles, compréhensibles et réversibles. En effet, dans le cas des méthodes d'enquête actuelles pour l'évaluation sensible du paysage, elles sont majoritairement mono-sensorielles (visuelles), non-immersives et non-interactives ; ce qui est loin de représenter les conditions nécessaires pour étudier le paysage. Et en ce qui concerne les outils de représentation, il en existe beaucoup pour étudier et visualiser le paysage objectif alors que le paysage subjectif a encore recours aux images de synthèse statiques qui ne correspondent pas au vécu dynamique de l'utilisateur.

Dans ce cadre pluridisciplinaire du paysage, nous proposons une démarche centrée sur l'utilisateur pour étudier le paysage sensible. Nous suggérons d'une part, l'utilisation des méthodes d'enquête urbaines immersives, intersensorielles et dynamiques comme méthodes d'analyse du paysage sensible (cf. Section 4.2), et d'autre part, l'utilisation de la RV comme méthode d'étude sensible du paysage qui pourrait être intégrée dans un processus de concertation. Ces propositions tiennent à restituer au paysage ses conditions qualitatives à savoir : l'immersion, l'intersensorialité et la dynamique. Nous récapitulons dans le Tableau 3 cette démarche de réflexion.

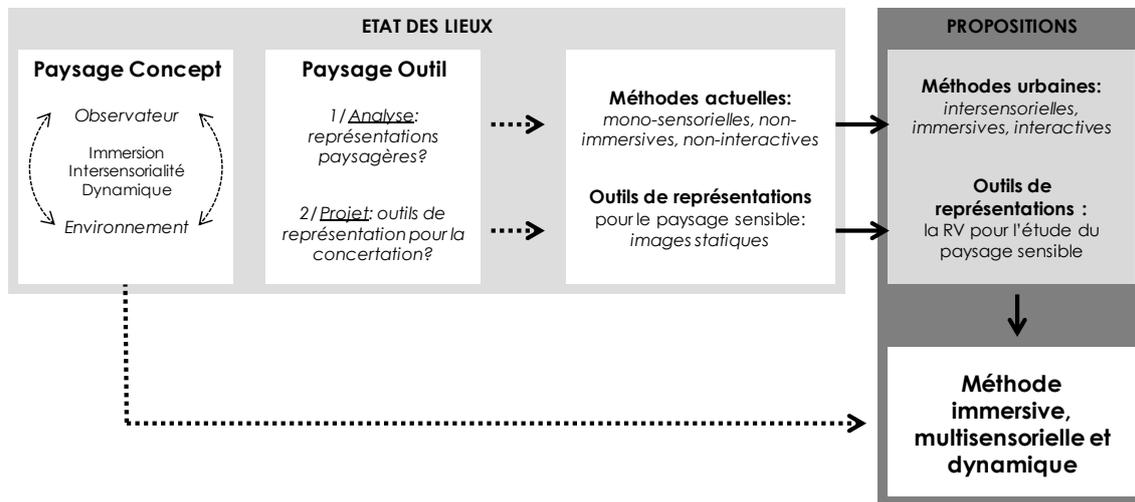


Tableau 3 : Etat des lieux et propositions pour l'étude du paysage sensible



## Chapitre

# 2

# LA REALITE VIRTUELLE

La réalité virtuelle (RV) est le résultat des progrès en sciences techniques telles que l'informatique, l'infographie et la télé-opération ; et en sciences de l'homme telles que la psychologie expérimentale, la cognition et l'ergonomie. La généralisation et le progrès des outils de modélisation assistée par ordinateur (résolution, puissance, carte graphiques, ordinateur, internet) et l'intérêt croissant autour de l'étude comportementale de l'homme sont les phénomènes convergents qui expliquent l'essor de la RV dans plusieurs champs disciplinaires. En ce qui concerne la pratique architecturale, paysagère et urbanistique, elle profite aujourd'hui de la CAO/DAO pour construire les espaces en trois dimensions et faire des visites virtuelles de bâtiments passés, présents et futurs. Mais la recherche dans ces disciplines s'intéresse à aller au-delà de ces visites. L'intégration de l'utilisateur dans le processus de conception et de décision des projets d'aménagement a poussé les chercheurs à considérer la RV comme moyen pour placer l'utilisateur au centre des réflexions sur les outils de représentation. C'est également notre objectif.

Dans ce chapitre, nous allons tout d'abord expliquer les fondements de la RV, son processus de conception pour tout type d'application et les outils techniques mis en œuvre pour construire un système de RV ; dans cette partie nous considérerons essentiellement les interfaces visuelles et celles motrices de déplacement pour leur utilité dans notre approche virtuelle du paysage. Ensuite, nous nous intéresserons aux applications virtuelles faites dans le champ du paysage et de l'aménagement de l'espace ; bien que présentant certaines limites, ces études sont en constante progression grâce à leur potentiel d'immersion et d'interaction. Enfin, nous considérerons les limites théoriques de la RV et celles spécifiques au champ du paysage. Ces limites découlent de la complexité interdisciplinaire de la RV qui restreint son déploiement pour certaines applications (exemple : globalité de la perception, déplacement par la marche). Nous concluons ce chapitre en décrivant notre démarche pour l'utilisation de la RV dans le projet paysager.

## 2.1 Définition

La RV a depuis toujours été utilisée d'une manière confuse. A l'origine, le terme « réalité virtuelle » est une traduction de « virtual reality » qui a été initié par Lanier [Rheingold 1991] pour référencer et différencier des autres modes de virtualités une RV immersive où l'utilisateur est totalement immergé dans un monde 3D artificiel généré par ordinateur. La RV gère l'interface homme/machine qui transmet les commandes de l'utilisateur en temps-réel via des périphériques spécialisés et vice versa. L'objectif d'un système de RV est de mieux résoudre ou comprendre des problèmes réels complexes.

Selon Fuchs [Fuchs *et al.* 2003a], la RV se définit comme « *un outil d'interaction et d'immersion 'pseudo-naturelle' en temps-réel, dans un monde virtuel (environnement artificiel) et avec des interfaces comportementales* ». Tout dispositif de RV est généralement basé sur ces quatre conditions ainsi que sur un but à atteindre (objectifs), une ou plusieurs fonctions à exploiter (usage) et un mode technique à mettre en place (mode d'utilisation). Ainsi, une application de RV a pour but d'exploiter des activités sensori-motrices et donc mentales qu'entretient un utilisateur avec un monde artificiel (imaginaire ou représentation partielle de la réalité). Elle extrait l'homme de sa réalité physique vers une autre en changeant de lieu, de temps et de type d'interaction.

L'immersion et l'interaction (I<sup>2</sup>) constituent deux caractéristiques majeures de la RV qui place fondamentalement l'utilisateur au centre de l'expérience sensori-motrice virtuelle. Elles impliquent une immersion de tous les sens humains dans un monde virtuel (**perception**) et une interaction en temps réel entre l'utilisateur et le monde virtuel (**action/motricité**) (Figure 16). Les I<sup>2</sup> sont optimales lorsque les stimuli sensitifs sont traités simultanément (en premier lieu la vision mais aussi les autres sens ainsi que la kinesthésie et la proprioception).

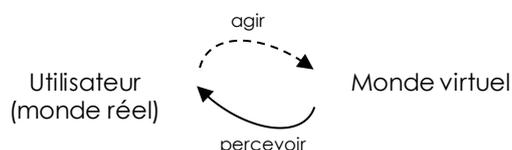
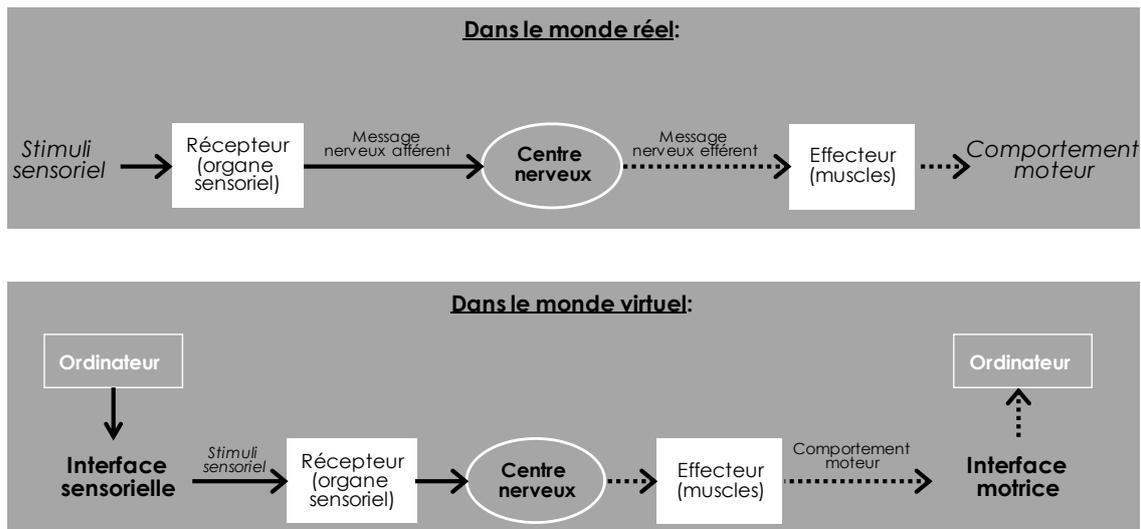


Figure 16 : Interrelation homme/monde virtuel

L'immersion est une exposition sensorielle de l'utilisateur à un environnement virtuel au moyen de dispositifs (interfaces comportementales) les plus transparents possibles pour lui faire « oublier » l'environnement réel dans lequel il est positionné. L'utilisateur est immergé dans l'espace virtuel quand il « se sent » dans l'espace 3D virtuel, c'est-à-dire qu'il cesse de sentir son état physique (dans une salle réelle) et se concentre sur son état psychologique (dans l'espace virtuel). L'immersion totale est difficile à réaliser, c'est pour cela qu'on parle d'immersion 'pseudo-naturelle'. Quant à l'interaction temps-réel, c'est le principal apport de la RV par rapport aux autres outils de représentation. Elle suppose l'utilisation d'interfaces pour détecter les mouvements de l'utilisateur dans le monde réel et les traduire instantanément en milieu virtuel.

## 2.2 Conception d'un système de RV

Un système de RV cherche à reproduire dans le virtuel une activité sensori-motrice équivalente au réel. Dans la Figure 17, nous résumons la transmission des informations sensorielles et motrices dans le monde réel et virtuel. Dans ce dernier, ce sont les interfaces comportementales (dispositif technique tel que la souris ou l'écran d'ordinateur) qui complètent la transmission des informations vers l'ordinateur. La réflexion sur le choix des interfaces comportementales est très importante dans le processus conceptuel global d'une application de RV.

Figure 17 : Transmission de l'information sensori-motrice dans le monde réel et virtuel [Papin *et al.* 2003]

La construction d'une application en RV revient à définir successivement un ou plusieurs objectifs à atteindre, une ou plusieurs tâches à réaliser et un dispositif technique à construire. Dans ce qui suit, nous allons donc d'abord nous intéresser à une méthode de conception globale d'un système de RV (la méthode d'interfaçage « 3 I<sup>2</sup> ») où les objectifs du système et les tâches à réaliser sont primordiaux ; et par la suite, nous précisons le rôle des interfaces comportementales dans le processus de conception ainsi que les dispositifs actuellement disponibles.

## 2.2.1 Méthode de conception d'un environnement en RV

La RV est souvent décrite à travers des applications où les auteurs essaient d'améliorer le processus technique et/ou mental de l'utilisateur sans support théorique. Face à ce manque de méthode, Fuchs [Fuchs *et al.* 2003b] a développé une approche de conception qui a pour but d'optimiser l'interfaçage utilisateur/monde virtuel afin d'atteindre les objectifs de l'expérimentation. Cette méthode se base sur l'analyse préalable des I<sup>2</sup> à trois niveaux: I<sup>2</sup> fonctionnelles, I<sup>2</sup> mentales ou cognitives et I<sup>2</sup> sensori-motrices.

### 2.2.1.1 Les I<sup>2</sup> fonctionnelles

Elles caractérisent les tâches de l'utilisateur *in vitro*. Dans toute application de RV, elles sont décomposables en PCV (Primitives Comportementales Virtuelles) qui sont les comportements de base de l'utilisateur dans le monde virtuel :

- *Observer* le monde virtuel afin de le comprendre ou de s'y orienter. Il y a trois types d'observation : observation visuelle, auditive et tactile. L'observation visuelle dépend des champs de vision humains et du mode d'observation *in vitro* (point de vue fixe, tourner la tête ou non, etc.). L'observation auditive dépend aussi du mode d'observation *in vitro* et du besoin d'un son monophonique, stéréophonique ou spatial dans l'environnement virtuel. Quant à

l'observation tactile, elle est peu utilisée car plus compliquée à mettre en œuvre et il n'y a pas beaucoup d'offres d'interfaces efficaces ;

- *Se déplacer* dans le monde virtuel suivant une ligne 1D, un plan 2D ou dans l'espace 3D. La sensation de déplacement chez l'homme provient principalement du système visuel, du système vestibulaire et des informations proprioceptives. La manière la plus facile et la plus utilisée pour donner une impression de déplacement est la stimulation de la vue parce que le principal problème de la mobilité dans un monde virtuel consiste à réaliser un déplacement virtuel quelconque sans déplacement physique ou avec un déplacement physique restreint ;
- *Agir* sur le monde virtuel : sélectionner, manipuler, déformer et/ou assembler un objet, agir sur un être virtuel. La vision, la sensibilité cutanée, les récepteurs proprioceptifs et les muscles des membres inférieurs sont mis en action mais cela n'induit pas forcément un retour d'effort, cela dépend des objectifs de la manipulation ;
- *Communiquer* avec autrui (personnes réelles ou virtuelles) et/ou avec l'application virtuelle. La communication se fait en général par la parole mais aussi par l'observation et la manipulation.

Les PCV sont associés cognitivement. Toutefois, l'*observation* de l'environnement virtuel engage l'immersion de l'utilisateur dans l'environnement virtuel alors que les autres PCV nécessitent son interaction. S'il est généralement facile de définir correctement les PCV, il peut être très compliqué de concevoir des solutions techniques pour les réaliser.

### **2.2.1.2 Les I<sup>2</sup> mentales ou cognitives**

Elles caractérisent le processus cognitif de l'utilisateur puisqu'il doit se soustraire du monde réel et se sentir « mentalement » présent dans le monde virtuel (sentir son comportement réel *in vitro*). Parfois, la réalisation des I<sup>2</sup> mentales peut faire appel aux ALC (Aides Logicielles Comportementales) de motricité et de perception programmées qui seront associées aux PCV et qui apportent des aides dans l'application des tâches de l'utilisateur. Connaissant les interactions possibles entre le sujet et l'objet, nous pouvons prévoir une ALC qui aide le sujet à interagir efficacement avec cet objet.

Les I<sup>2</sup> mentales utilisent des schèmes et des métaphores tirés des activités réelles de l'utilisateur afin de les reproduire dans le virtuel :

- La notion de *schème* a été proposée par Piaget (cité dans [Fuchs *et al.* 2003b]), elle correspond à l'ensemble structuré de caractères généralisables de l'action qui permet de répéter l'action ou de l'appliquer à des circonstances analogues. L'utilisateur fait appel dans son activité sensori-motrice à un schème qu'il a assimilé dans le monde réel. L'interface comportementale est donc une entité mixte comprenant à la fois un artefact (dispositif matériel) et un schème (*Schème Comportemental Importé* SCI). Ce schème est importé de l'environnement réel pour être transposé et adapté en environnement virtuel.
- En cas de difficulté technique ne permettant pas l'exploitation d'un SCI, une *métaphore* symbolique est proposée. Exemple : au lieu d'exploiter un comportement sensori-moteur et acquis de la personne, nous lui proposons, visuellement en général, une image symbolique de l'action ou de la perception souhaitée. Les I<sup>2</sup> y sont moins naturelles.

### 2.2.1.3 Les I<sup>2</sup> sensori-motrices

Elles impliquent la détermination des stimuli sensoriels et des mouvements de l'utilisateur dans le monde réel mais qu'il doit voir se matérialiser en temps-réel dans le monde virtuel (modèle sensori-moteur). C'est à ce niveau aussi que se conçoit l'artefact (dispositif physique) de l'interface comportementale (IC) qui doit être aisément manipulable par les utilisateurs. Nous développerons plus en détail la conception des IC dans le paragraphe 2.2.2.

### 2.2.1.4 Etapes de la démarche de conception

Nous résumons dans la Figure 18 les différentes I<sup>2</sup> nécessaires à la conception d'une application de RV et la modélisation qui lui correspond dans le virtuel. Elles sont intégrées dans la démarche de conception proposée par Fuchs [Fuchs *et al.* 2003b] :

- **Etape 1:** Identification et validation du besoin de conception du système / Détermination des I<sup>2</sup> fonctionnelles;
- **Etape 2:** Détermination des PCV utiles à partir des I<sup>2</sup> fonctionnelles;
- **Etape 3:** Conception des Interfaces Comportementales à partir des PCV : d'une part, au niveau des I<sup>2</sup> cognitives, il s'agit de déterminer le ou les schèmes susceptibles de donner des I<sup>2</sup> efficaces, sinon des métaphores sont utilisés ; d'autre part, au niveau des I<sup>2</sup> sensori-motrices, il s'agit de déterminer les sens et les réponses motrices qui nécessitent une IC et de concevoir l'artefact associé ;
- **Etape 4:** Conception des ALC à partir des IC pour améliorer les I<sup>2</sup> cognitives;
- **Etape 5:** Conception du logiciel de RV (programmation des ALC, des drivers des IC et de la modélisation de l'environnement virtuel). La conception du logiciel est une partie importante et longue, surtout pour la modélisation de l'environnement virtuel. Mais les étapes précédentes ne doivent pas être négligées.

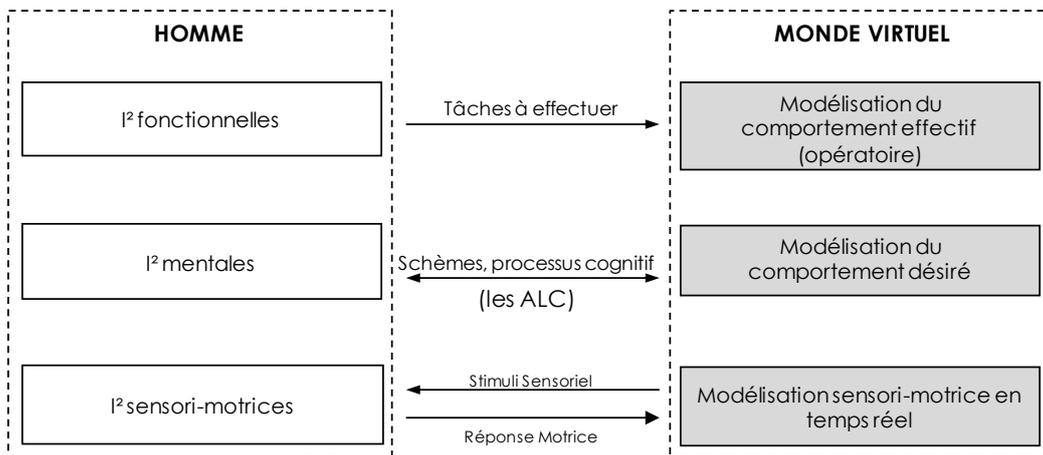


Figure 18: Exploitation des I<sup>2</sup> dans un système de RV

## 2.2.2 Interfaces comportementales (IC)

L'interaction entre l'homme et la machine s'effectue grâce à des IC s'adressant aux canaux sensoriels et qui sont conçus pour transmettre l'information « homme/monde virtuel » et son retour « monde virtuel/homme » (Figure 19). L'IC est donc un dispositif médiateur qui exploite partiellement la perception (immersion) et/ou la motricité (interaction) d'un utilisateur afin de le faire interagir avec le monde virtuel. Plus les interfaces installées entre l'utilisateur et le monde virtuel sont transparentes mieux il se sentira « naturellement » immergé ( $I^2$  mentales). L'IC est composée d'un artefact et d'un SCI ou d'une métaphore. Nous distinguons deux types d'interfaces utiles à notre travail et que nous développerons à la suite de ce chapitre : les interfaces sensorielles et les interfaces motrices.

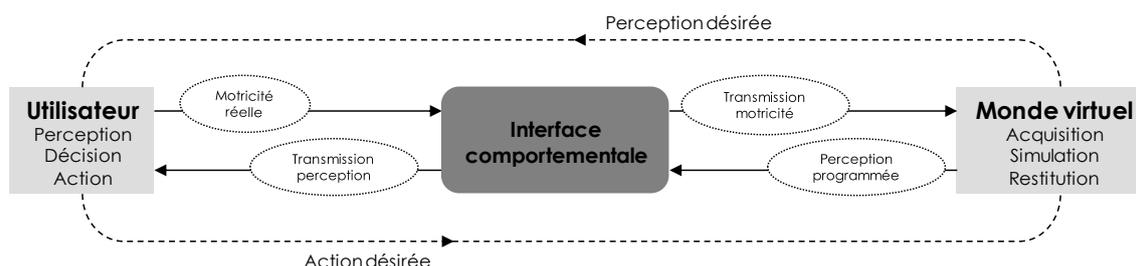


Figure 19 : Fonctionnement d'une IC

### 2.2.2.1 Les Interfaces sensorielles

Les interfaces sensorielles transmettent des stimuli sensoriels du virtuel vers le réel, c'est-à-dire de l'ordinateur vers l'utilisateur. Il y a [Fuchs *et al.* 2003c] :

- *Les interfaces manuelles sensorielles* qui sont exploitées pour la reconnaissance d'un objet (texture, rugosité, matière, etc.) ;
- *Les interfaces à simulation de mouvement* ont pour objectif de modifier l'orientation du corps dans l'espace ou de lui faire subir des accélérations. Exemple : les sièges de salles de cinéma interactif ;
- *Les interfaces olfactives* sont des émetteurs d'odeurs réelles déjà stockées dans l'interface ;
- *Les interfaces auditives* sous forme d'écouteurs ou d'enceintes ne sont pas spécifiques à la RV, et sont financièrement abordables et facilement intégrables dans un système de RV. Aujourd'hui, la majorité des salles immersives est équipée de dispositifs sonores spatialisés permettant actuellement de simuler des sources virtuelles placées arbitrairement dans l'espace autour de l'auditeur. Cependant, si les interfaces auditives sont répandues et intelligibles pour des environnements virtuels totalement imaginaires (exemple : les jeux vidéo), la restitution des sons réels existants – comme les sons de l'espace extérieur – reste plus complexe (cf. paragraphe 2.4.1).
- *Les interfaces visuelles* sont les plus utilisées et développées parce que la perception visuelle est primordiale dans un processus perceptif et qu'elle est presque toujours employée dans une application de RV.

Dans ce qui suit, nous allons nous intéresser plus en détail aux interfaces visuelles ; pour cela nous allons d'abord expliciter le mode de fonctionnement du système visuel humain et ses

caractéristiques fondamentales. Cela nous permettra dans un deuxième temps de juger les avantages et les inconvénients de l'interfaçage visuel disponible sur le marché par rapport à une « bonne » immersion dans le monde virtuel.

### a/ Système visuel

La capacité de l'œil à saisir une information visuelle dépend de sa position relative dans le champ visuel. Ce dernier est l'espace délimité par la perception spatiale de l'œil, sans bouger la tête. Bien que le champ visuel soit légèrement différent pour chaque individu, la portée verticale des yeux couvre un angle d'environ  $130^\circ$  ; elle est limitée vers le haut par les arcades sourcilières et vers le bas par les joues. Le champ horizontal total couvert par les deux yeux est d'environ  $180^\circ$  lorsqu'ils sont dirigés vers un objet fixe. Lorsque les yeux bougent dans leur orbite, le champ visuel s'agrandit de  $15^\circ$  et lorsque la tête bouge, le champ de vision atteint  $330^\circ$  horizontalement et  $300^\circ$  verticalement (Figure 20).

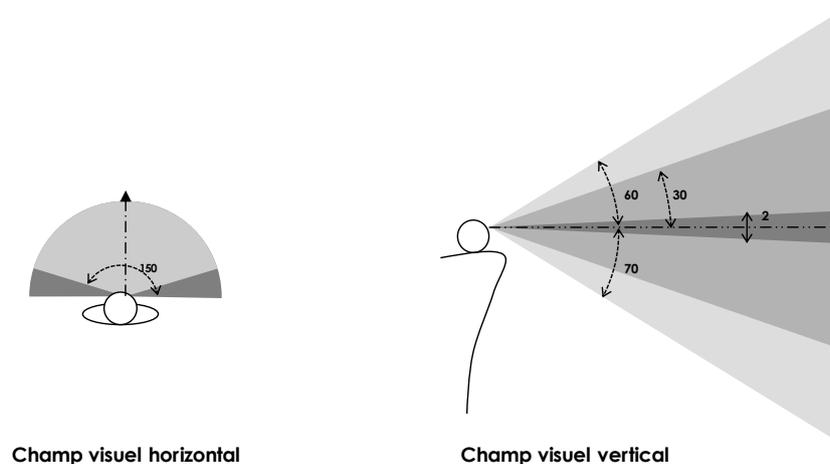


Figure 20 : Champ visuel horizontal et vertical de chaque œil [Reiter et al. 2004]

Chaque œil a un angle de vision d'environ  $150^\circ$ . A l'endroit où les champs visuels se recouvrent, l'homme a une vision binoculaire; ils se superposent dans la zone médiane où un même objet est vu simultanément par les deux yeux mais sous un angle différent. Le champ visuel binoculaire se divise en trois zones [Reiter et al. 2004] :

- Le champ central de la *fovéa*, c'est le domaine de l'acuité visuelle (le plus petit angle sous lequel il est possible de percevoir distinctement deux points différents). Il est de  $1^\circ$  à  $2^\circ$  d'ouverture centré et permet de percevoir les détails d'une scène ;
- L'*ergorama*, domaine de  $2 \times 30^\circ$  d'ouverture, permet de voir les formes ;
- Le *panorama* a un angle vertical de  $60^\circ$  vers le haut et de  $70^\circ$  vers le bas et permet de percevoir les mouvements.

La Figure 21 montre en bleu le champ visuel perçu simultanément par les deux yeux et en rose clair le domaine vu par chaque œil séparément. Les cercles concentriques délimitent la fovéa, l'ergorama et le panorama.

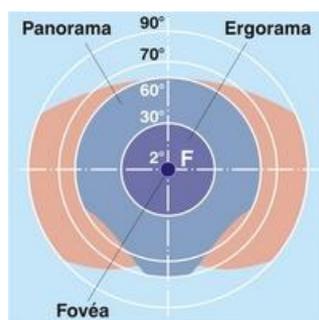


Figure 21 : Le champ visuel binoculaire (source : [Reiter et al. 2004])

La vision monoculaire à elle seule permet de percevoir la profondeur et l'espace en trois dimensions grâce aux ombres et lumières, aux dimensions relatives des objets (les objets proches apparaissent plus gros que les objets éloignés), aux occultations (les objets proches cachent les objets éloignés), aux textures (la texture est plus lisible et moins dense de près), à la visibilité (les objets proches sont plus visibles que ceux éloignés), au parallaxe de mouvement (le monde change à fur et à mesure que l'observateur s'y déplace), et surtout grâce aux effets de perspective.

Mais c'est grâce à la vision binoculaire et à la superposition d'images que le cerveau nous donne une impression de relief : c'est ce qui s'appelle la stéréoscopie. En réalité, cette perception est une coopération entre les deux yeux. Pour que les images que nous percevons ne soient pas dédoublées, le cerveau fait un glissement horizontal de la position de l'objet dans les deux images pour évaluer la profondeur et commande l'orientation des deux yeux afin de diriger leurs axes visuels sur le point observé ; ainsi, les deux images sont fusionnées. Pour obtenir la vision stéréoscopique en milieu virtuel, il faut doubler l'image projetée (la produire deux fois) et permettre la visualisation d'une seule image par œil. Cela nécessite des lunettes stéréoscopiques et un système puissant pour ne pas contraindre le « temps-réel ».

## **b/ Interfaces visuelles**

Une interface visuelle permettant une immersion totale du regard – selon les caractéristiques du système visuel étudié dans le paragraphe précédent – doit couvrir les champs visuels fixes (180°H et 130°V) et mobiles (330°H et 300°V), apporter une vision stéréoscopique (calculer et restituer une image par œil) et avoir une grande résolution en pixels afin de satisfaire l'acuité visuelle humaine. L'immersion du regard doit être aussi en temps-réel, c'est-à-dire que l'affichage des images lorsque l'utilisateur se tourne doit se faire instantanément. Pour cela, l'interface visuelle est souvent couplée à un capteur de localisation de la tête. Cette interface « idéale » au niveau de l'immersion du regard est possible sous certaines conditions (stéréoscopie, résolution) grâce au visiocasque et au visiocube à 4 ou 6 faces (CAVE). Mais une immersion totale du regard n'est pas toujours de mise pour se sentir immergé dans un environnement virtuel, le mode d'interaction influence aussi beaucoup ce sentiment [Tahrani 2006].

Le choix de l'interface utilisée dépend non seulement des objectifs de l'application mais aussi de critères fonctionnels, techniques et financiers. Nous détaillons dans le Tableau 4 les critères des interfaces visuelles les plus utilisées dans les applications de la RV afin d'orienter notre propre choix d'interface par la suite. Mais comme le note Fuchs [Fuchs 2003c], le concepteur ne doit pas écarter

la possibilité de concevoir par lui-même l'interface parce que la variété des applications et de leurs objectifs ne sont pas toujours solutionnés par des interfaces-types commercialement disponibles.

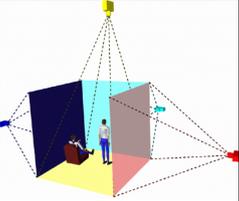
Interfaces visuelles		Avantages	Inconvénients
Ecran plat		- Interface visuelle fixe. - Les images sont projetées sur l'écran (rétroprojection ou projection frontale)	
		- Facilement disponible	- Immersion partielle du regard horizontalement et verticalement : l'utilisateur sera gêné s'il veut tourner ou lever la tête
Ecran cylindrique		Interface visuelle fixe constituée d'un écran incurvé horizontalement pour une meilleure immersion du champ visuel horizontal.	
		- Le champ visuel horizontal de l'utilisateur est plus confortable (il peut tourner la tête à droite et à gauche plus librement)	- Immersion partielle du regard surtout verticalement, si l'utilisateur lève la tête (le cas des éoliennes dans notre expérience)
CAVE		Interface visuelle fixe constituée de plusieurs écrans (4 à 6 écrans)	
		- Immersion totale du regard : la scène est affichée en temps réel à chaque déplacement du regard de l'utilisateur	- Prix élevé - Difficilement disponible
Visiocasque		Interface visuelle portable qui comprend 2 mini-écrans de grande résolution pour les yeux, des optiques de fort grossissement pour la vision stéréoscopique et des capteurs de localisation pour l'affichage de la nouvelle scène en temps-réel	
		- Immersion totale du regard - Transportable - Capteurs de localisation intégrés : affichage de la scène en temps réel lorsque l'utilisateur tourne ou lève la tête.	- Certaines personnes peuvent ne pas supporter le visiocasque (lourd, vertiges) - Le grand champ de vision promis est en fait difficile à réaliser surtout avec la vision stéréoscopique - Difficulté d'avoir des petits écrans avec de nombreux pixels (résolution).

Tableau 4 : Les interfaces visuelles

### 2.2.2.2 Les Interfaces motrices

Les interfaces motrices sont l'essence de l'interaction temps-réel car elles doivent transmettre instantanément les réponses motrices du monde réel vers le monde virtuel, c'est-à-dire de l'homme vers la machine. L'interface motrice « idéale » a six degrés de liberté (ddl) dans l'espace, c'est-à-dire trois translations et trois rotations suivant  $x, y, z$  ; mais cela n'est pas toujours nécessaire et dépend aussi des besoins de l'application (le déplacement sur un plan par exemple nécessite seulement trois ddl). Nous distinguons trois types d'interfaces motrices [Fuchs 2003d] :

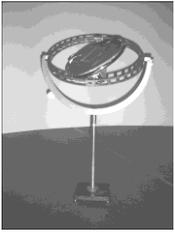
- Les *capteurs de localisation* ou *traqueurs* sont utilisés pour situer dans l'espace tout objet (le corps de l'utilisateur ou un objet manipulé par lui) et pour suivre sa trajectoire. Ils mesurent la position spatiale d'un repère mobile par rapport à un repère fixe. Ils sont de plusieurs types

(selon le phénomène physique qui permet la transmission du signal) : les traqueurs mécaniques, électromagnétiques, acoustiques et optiques ;

- Les *interfaces motrices de localisation corporelle* sont utilisées pour situer dans l'espace le corps ou une partie du corps de l'utilisateur. Généralement, les mouvements corporels que l'on veut saisir sont ceux de la gestuelle du corps (« motion capture » ou « capture de mouvement »), ceux de la main (le gant de données est capable de mesurer les mouvements de la main et de ses doigts), ceux du visage (détection mécanique ou optique des expressions du visage et des lèvres) et ceux de locomotion (déplacement des jambes). Ces derniers sont les plus utiles à étudier pour notre démarche, ils seront donc détaillés par la suite ;
- Les *interfaces de commande classiques* n'exploitent pas un comportement naturel et physique de l'utilisateur mais plutôt des codes symboliques (métaphores) que les utilisateurs des ordinateurs ont appris à manipuler (souris, clavier, joystick, etc.). La main est utilisée pour diriger un curseur qui commande une action spécifique : se déplacer dans le monde virtuel, ouvrir un menu, manipuler un objet, etc.

Dans notre expérience paysagère, nous nous intéressons essentiellement au déplacement de l'observateur dans l'espace. C'est pour cela que nous avons choisi de détailler dans le Tableau 5 les interfaces de localisation spatiale qui peuvent être utilisées pour le déplacement virtuel, les avantages et les inconvénients cités sont propres à notre démarche paysagère. C'est une liste non exhaustive parce que, tout comme les interfaces visuelles, le concepteur de l'application peut construire lui-même son interface ou transformer le mouvement de marche en un autre type de mouvement comme dans l'exemple du tricycle dans l'expérience d'Allison *et al.* [2002].

Interfaces de localisation spatiale		Avantages	Inconvénients
Clavier		C'est une interface de commande et non comportementale (n'exploite pas un comportement de l'utilisateur). Le déplacement est effectué grâce à 4 boutons : avancer, reculer, aller à droite, aller à gauche.	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilement disponible</li> <li>- Financièrement abordable</li> <li>- Utilisé par le grand public</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il permet la translation mais pas la rotation (changer de direction)</li> <li>- Pas très ergonomique pour le déplacement dans le milieu virtuel (4 flèches à manipuler).</li> <li>- Il ne reflète pas le déplacement naturel.</li> <li>- Il n'exploite pas un comportement de l'utilisateur.</li> </ul>
Souris 3D		C'est une interface de commande. Elle commande 6 ddl.	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6ddl</li> <li>- Facilement disponible</li> <li>- Financièrement abordable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'absence de déplacement physique naturel peut gêner l'utilisateur</li> <li>- Elle nécessite un temps d'apprentissage et d'adaptation de la part de l'utilisateur.</li> <li>- Elle n'exploite pas un comportement de l'utilisateur.</li> </ul>
Joystick		C'est une interface de commande 2D (2 translations : x,y) qui, grâce à une pression verticale, peut accéder à la 3 <sup>ème</sup> translation (z). Rotation possible avec la manette. 6ddl	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temps d'apprentissage court (très connu auprès du public grâce aux jeux vidéo)</li> <li>- 6ddl</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'absence de déplacement physique naturel peut gêner l'utilisateur</li> <li>- Liaison matérielle avec le PC</li> <li>- Il n'exploite pas un comportement de l'utilisateur.</li> </ul>

Tablette graphique		Le CAT (control action table) est une interface de commande. Il est formé d'un plateau orientable dans l'espace. Des capteurs récupèrent l'orientation du plateau et les forces appliquées sur celui-ci (6 ddl)	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 ddl (marcher, s'arrêter, tourner la tête)</li> <li>- Prise en main facile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prix élevé</li> <li>- L'absence de déplacement physique naturel peut gêner l'utilisateur</li> </ul>
Tapis roulant		C'est une interface qui exploite le mouvement réel des jambes (la marche) pour le reproduire dans le virtuel. 1ddl ou 2ddl	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploitation de la marche naturelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prix élevé</li> <li>- Difficilement disponible</li> <li>- Difficile à mettre en place</li> <li>- Ne peut être utilisé que pour la marche/la course</li> </ul>
Manette Wii (Wiiote)		La Wiiote est le nom de la « télécommande » de la Wii de Nintendo. Sans fil (plus de liberté de mouvement), elle est équipée de plusieurs capteurs de localisation et de mouvement intégrés. Elle exploite les actions naturelles de la main (le sens du toucher et le mouvement). 6ddl	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6ddl</li> <li>- Des logiciels disponibles permettent la configuration de la Wiiote sur PC (Darwin Remote, GlovePIE).</li> <li>- Prise en main rapide</li> <li>- Prix abordable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'absence de déplacement physique naturel peut gêner l'utilisateur</li> <li>- Peu précise</li> </ul>
Capteurs de localisation	 (Capteur électromagnétique)	Ils localisent la position de l'objet et son évolution dans l'espace en temps réel (3 ddl). Ils sont de 4 types : traqueurs mécaniques, traqueurs électromagnétiques, traqueurs à ultrasons et traqueurs optiques.	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une meilleure immersion grâce à l'interaction et à la visualisation de l'action en temps réel (temps de réponse court)</li> <li>- Liaison PC-utilisateur immatérielle (sauf pour les traqueurs mécaniques)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espace de déploiement limité</li> <li>- <b>Traqueurs mécaniques</b> : manque d'ergonomie, liaison matérielle entre utilisateur et le PC.</li> <li>- <b>Traqueurs électromagnétiques</b> : prix élevé, non utilisables dans un environnement métallique.</li> <li>- <b>Traqueurs à ultrasons</b> : espace de mesure limité, faible précision.</li> <li>- <b>Traqueurs optiques</b> : espace de mesure limité, chers.</li> </ul>
Le système GPS		Il utilise des mesures de distances entre une balise et des satellites géostationnaires.	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pratique pour étudier le déplacement des utilisateurs dans des espaces extérieurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grand espace de déploiement</li> <li>- 3 ddl</li> <li>- Spécifique au déplacement piétonnier ou à l'aide d'un mode de transport (voiture, vélo, avion)</li> <li>- Très mauvaise précision (plusieurs dizaines de mètres) incompatibles avec la localisation dans un environnement virtuel</li> </ul>

VirtuSphere		La sphère transparente est placée sur une base qui permet une rotation libre de 360°. Couplée à un visiocasque, elle permet à l'utilisateur d'interagir avec l'environnement virtuel (6ddl)	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déplacement dans toutes les directions</li> <li>- Posture naturelle du déplacement physique.</li> <li>- Multiplateformes (transportable)</li> <li>- Basé sur un déplacement naturel, elle est vite acquise par l'utilisateur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nécessité d'un grand espace de déploiement                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cher</li> </ul> </li> <li>- L'utilisateur peut être gêné de ne pas voir où il marche</li> <li>- Encore expérimental</li> </ul>

Tableau 5 : Les interfaces de localisation spatiale spécifiques au déplacement de l'utilisateur

### 2.2.3 Conclusion

Cette partie théorique concernant la RV et son mode de fonctionnement rend compte de la complexité pluridisciplinaire des environnements virtuels. Cependant, la démarche de conception est assez organisée et nous renseigne sur les principaux éléments d'un système de RV. En effet, un projet de RV se construit autour de trois réflexions majeures : 1/ déterminer les objectifs du projet, 2/ choisir les PCV correspondants, et 3/ déduire et mettre en place les IC correspondantes. Notre objectif étant l'expérience paysagère immersive, multisensorielle et dynamique, cela se traduit dans la RV par un utilisateur immergé dans l'espace paysager grâce à des interfaces sensorielles (visuelles et sonores dans le cas des éoliennes) et à des interfaces motrices de déplacement. Nous résumons la conception du système de RV adéquat à nos objectifs dans la Figure 22.

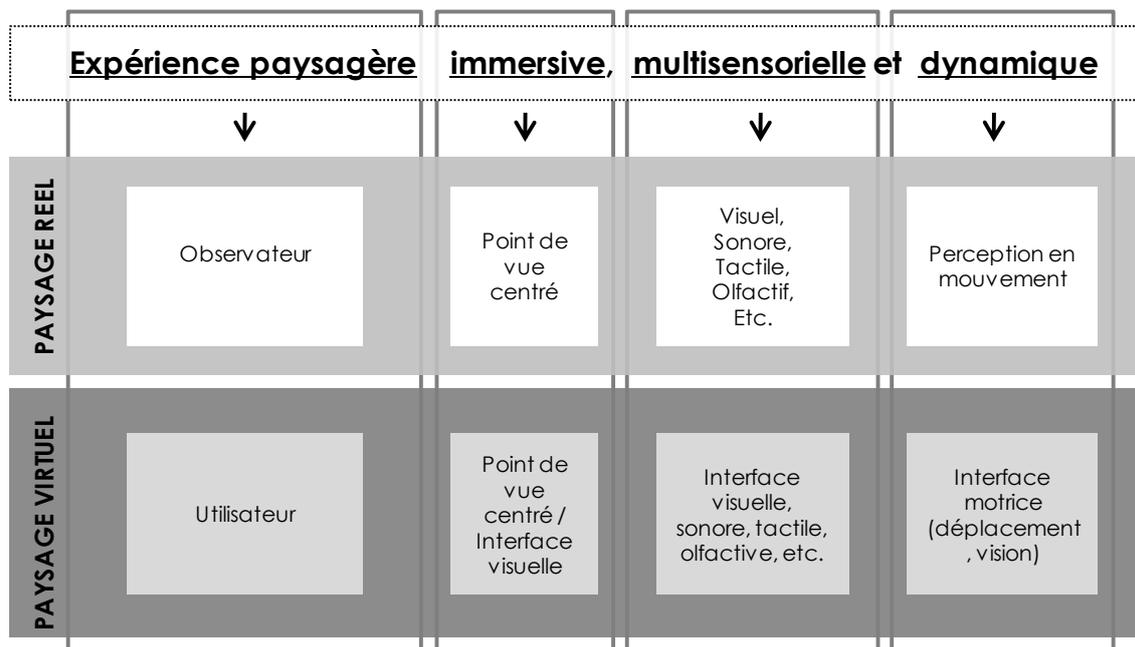


Figure 22 : Les objectifs de la RV pour l'étude sensible du paysage

## 2.3 Les environnements virtuels dans l'étude du paysage

Grâce à plusieurs facteurs tels que le développement de l'industrie des jeux vidéo, les environnements virtuels ont gagné en résolution et en qualité de visualisation temps-réel. C'est dans ce cadre florissant qu'à la fin des années 90, les études paysagères et environnementales s'intéressent à la RV car ses qualités dynamiques d'immersion et d'interaction correspondent davantage à l'expérience paysagère réelle de l'observateur (exemple : [Van Veen *et al.* 1998], [Bishop *et al.* 2001], [Bishop 2001a]). Ainsi les premières expériences de RV ont été dirigées vers l'étude de la perception des utilisateurs immergés mais surtout en interaction avec l'environnement virtuel (l'interaction temps-réel est le vrai apport de la RV pour les spécialistes du paysage [Van Veen *et al.* 1998]). Cependant, il faut noter que ces études sont expérimentales, c'est-à-dire, qu'elles sont menées dans le cadre universitaire de la recherche car la RV nécessite beaucoup de moyens techniques, financiers et humains ; ce qui peut être décourageant pour les concepteurs du paysage.

Dans ce qui suit, nous allons d'abord exposer brièvement quelques paramètres objectifs (modélisation) et subjectifs (simulation, réalisme) qui constituent le paysage virtuel et qui nous seront utiles dans la construction de notre application numérique par la suite. Nous nous attarderons ensuite sur l'utilisation des environnements virtuels dans l'étude sensible du paysage. Enfin, nous concluons sur notre propre point de vue vis-à-vis des paysages virtuels et de leur utilisation.

### 2.3.1 Le paysage virtuel construit

Un paysage virtuel « *correspond au résultat informatique de la visualisation en 3D d'objets ou de phénomènes concrets et visibles situés à la surface ou au-dessus du sol* » [Joliveau 2004]. Il peut être modélisé et simulé de différentes manières selon les objectifs et l'utilisation de l'application, mais il est généralement constitué d'un modèle numérique paysager (modèle 3D) auquel on a apporté des simulations de conditions atmosphériques (facteurs physiques : mise en lumière de la scène, brume, pluie, etc.) et/ou des simulations sonores.

Le paysage virtuel combine une *scène paysagère*, une *prise de vue* et un *trajet* [Joliveau 2004]. « *La scène paysagère rassemble ce qui est à voir et les conditions dans lesquelles cela peut être vu (éclairage et ombres, atmosphère, topographie, composantes des objets paysagers visibles). La prise de vue détermine la cible visée en intégrant un nombre plus ou moins grand de paramètres qui déterminent la vue ( focale ou angle de vue horizontal et vertical, distance maximale de vue). Le trajet se compose d'au moins un point de vue localisé précisément dans l'espace et les organise séquentiellement s'il y en a plusieurs (comme l'enchaînement de vues observables le long d'une route)* » [Joliveau 2004]. Ceci suppose que le paysage virtuel a une partie objective (modélisation/simulation) qui induit une vue subjective complexe (sélection de points de vue, simulation des ambiances physiques et atmosphériques) à soigner dans la construction du paysage virtuel. Par exemple, la simulation des ambiances lumineuses dans une scène est généralement importante car elle influe sur la perception de l'observateur ainsi que sur sa compréhension de l'espace. La simulation ne dicte pas les décisions de l'utilisateur mais l'influence [Loiteron *et al.* 2005].

La question du réalisme est aussi une variable subjective complexe dans la construction du paysage virtuel. Le réalisme d'une scène dépend en même temps, du vouloir du concepteur et des

limites du système informatique [Bishop *et al.* 2001]. Souvent, le concepteur pense que plus le paysage est réaliste plus l'utilisateur se sentira immergé dans la scène, mais selon Joliveau [1994], « une représentation réaliste risque d'apparaître comme un constat purement objectif. La quête du réalisme risque de s'avérer vaine, voire nuisible. Le problème est peut être moins d'aller vers le réalisme que vers le pertinent, en intégrant au mieux ce qui fait sens pour les acteurs dans le paysage visible et en multipliant les vues qu'ils peuvent en avoir ». Le concepteur doit donc s'interroger sur le niveau de détail et de réalisme de la scène (dans quel but ? quels éléments ont besoin d'être plus réalistes que d'autres et pourquoi ?). D'ailleurs, le réalisme est gourmand en détails et le système informatique a ses limites surtout quand il s'agit de pourvoir le modèle d'interaction temps-réel : un compromis est généralement à faire pour avoir assez de détails dans la scène visuelle sans contraindre la résolution des données et l'interaction.

### 2.3.2 Le paysage virtuel comme outil d'étude sensible

Les lois paysagères encourageant l'intégration des usagers dans le processus de conception et de décision ont été le moteur de l'évolution progressive des environnements virtuels 3D figés et animés vers l'immersion et l'interaction (RV) ; c'est-à-dire que l'outil de représentation paysagère a évolué d'un outil de conception réservé aux experts à un outil de communication et d'aide à la décision accessible à tous les acteurs du paysage. Cependant, les expériences virtuelles où coexistent immersion totale du regard et interaction temps-réel sont quasi-inexistantes, c'est pour cela que nous avons élargi notre champ d'investigation à des études de l'espace architectural, paysager et urbain qui peuvent être non-immersives et/ou non-interactives mais qui ont un lien avec nos objectifs (cf. Figure 22). Nous les avons classées selon trois types :

- *Les environnements virtuels pour une évaluation objective du paysage (point de vue « expert »)* : il s'agit de penser le paysage virtuel comme un outil de conception et/ou de discussion entre les différents corps de métiers. La majorité de ces approches s'intéressent aux SIG et œuvrent pour leur développement car ils ont la capacité de regrouper toutes les informations paysagères et de les visualiser sur de grandes étendus. La visualisation du paysage « vu » en 3D est possible grâce à ArcGIS et/ou les SIG peuvent être couplées à des logiciels de visualisation interactifs (création de mondes VRML) [Lovett 2005] ;
- *Les environnements virtuels pour une évaluation objective et subjective du paysage (point de vue « expert » et « utilisateur »)* : il s'agit de penser le paysage virtuel comme un outil immersif et interactif pour la médiation paysagère entre les différents acteurs et donc de coupler les SIG à la RV. Il permet aux utilisateurs d'explorer plusieurs alternatives paysagères et d'agir dessus en temps-réel. Nous pouvons citer l'exemple de Stock *et al.* [2006] qui développent un système où les SIG gèrent la modélisation et la simulation du paysage ainsi que les changements que l'on pourrait y apporter, et la RV conduit la partie « immersion » (projection sur 3 écrans qui offrent ainsi un champ de vision de 135°) et « interaction » (l'utilisateur interagit avec le monde virtuel via un PDA). Un autre exemple concerne le travail de Döllner *et al.* [2005] qui développent le programme *Lenné 3D*, un système interactif pour la participation du public facilitant la création et la gestion de paysages virtuels en temps-réel. La complexité de tels systèmes (SIG + RV) fait qu'ils sont encore dans une phase exploratoire de recherche (depuis plusieurs années) et qu'ils n'ont pas encore de résultats concrets ;
- *Les environnements virtuels pour une évaluation subjective du paysage (point de vue « utilisateur »)* : il s'agit de penser le paysage virtuel comme un outil d'analyse et de communication des préférences des usagers. La majorité de ces approches ont pour objectif de

valider l'utilisation des environnements virtuels dans l'étude sensible paysagère et/ou de valider une nouvelle méthode d'approche du virtuel (perception en mouvement, restitution sonore, etc.). Puisque notre travail concerne l'étude sensible du paysage et donc l'évaluation des perceptions, nous allons nous attarder sur ce type d'approche dans ce qui suit.

Le point de vue des observateurs dans un milieu virtuel statique (images de synthèse) ou dynamique (animation 3D, interaction temps-réel) a fait l'objet de plusieurs études. Nous avons choisi d'étudier celles qui répondent de près ou de loin à une expérience paysagère immersive, multisensorielle et dynamique. Le Tableau 6 expose quelques exemples qui correspondent aux thèmes qui nous intéressent : perception en mouvement, RV et multisensorialité. Pour plus de précision, nous avons ajouté des mots-clés à chaque étude :

- *parcours* : l'étude utilise le parcours ou une perception en mouvement pour évaluer l'espace ;
- *situ-vitro* : l'étude fait une comparaison ou une étude parallèle site réel / site virtuel ;
- *immersion* : l'étude virtuelle favorise l'immersion de l'utilisateur, c'est-à-dire qu'un effort est fait du point de vue de l'interface visuelle (champ visuel large) ;
- *interaction temps-réel* : l'utilisateur interagit en temps-réel avec le modèle 3D ;
- *visuel - sonore* : l'étude se base sur la perception visuelle et/ou sonore ;
- *verbaliser, entretiens, questionnaires* : la méthode d'enquête utilisée pour l'étude des perceptions.

	Mots-clés	Objectifs de l'étude	Méthode	Résultats
Mohammed-Ahmed et al. 2007	<i>Parcours, interaction, visuel, entretiens, questionnaire</i>	Déterminer l'impact de l'interaction temps-réel dans un environnement 3D sur l'acquisition de la connaissance spatiale (parcours prédéfini)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comparer l'exploration libre d'un parcours non-immersif mais « égocentrique » (point de vue d'un observateur immergé) à une exploration contrainte (images séquentielles du parcours)/</li> <li>- 10 étudiants, VRML sur écran PC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les points de repère facilitent la lecture de l'espace</li> <li>- L'interaction temps-réel « améliore » la compréhension de l'espace par rapport aux images fixes, surtout pour des espaces complexes (beaucoup de tournants et d'objets)</li> <li>- Le mode « actif » de déplacement est un meilleur moyen pour la reconnaissance spatiale des environnements virtuels</li> </ul>
Zachariadis 2006	<i>Parcours, situ-vitro, visuel, verbaliser</i>	Comparer les choix de direction (libres) de visiteurs novices dans un parcours souterrain <i>in situ/in vitro</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 43 visiteurs (<i>situ</i>) / 25 (<i>vitro</i>) : explorer librement l'étage souterrain, exprimer tout haut ses choix et enfin, reconstruire mentalement leur itinéraire</li> <li>- Modèle virtuel à partir de 12 photos panoramique réelles (360°H) / visualisation sur écran PC /</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>In situ</i>, l'attention était portée sur les autres visiteurs, activités, ambiances diverses (lumière, son). <i>In vitro</i>, couleurs, lumières, magasins.</li> <li>- Le choix de parcours est plutôt similaire réel/virtuel (informations visuelles similaires)</li> <li>- La configuration spatiale du parcours est 3 fois plus faiblement mémorisé <i>in vitro</i></li> </ul>

Loiteron et al. 2005 ; Loiteron et al. 2008	<i>Parcours, validation, situ-vitro, visuel, entretiens, questionnaire</i>	Simuler le déplacement et le comportement des visiteurs dans un jardin public afin de l'intégrer (agents autonomes) dans un SIG	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1<sup>ère</sup> expérience <i>in vitro</i> : 3 parcours animés projetés chacun sur 3 écrans (panoramique favorisant l'immersion du regard) / modifications au niveau des intersections des parcours pour comprendre l'influence du visuel sur les décisions du participant</li> <li>- 2<sup>ème</sup> expérience <i>in situ</i> : prémunir les visiteurs d'un PDA pour voir leur évolution dans le jardin et les questionner sur leurs choix</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'enquête <i>in situ</i> révèle des préférences liées à la fatigue, la faim, le climat, etc. que l'enquête <i>in vitro</i> ne révèle pas.</li> <li>- Les décisions de déplacement sont influencées par des critères visuels et climatiques mais aussi par la présence des autres visiteurs, préférences personnelles de direction, etc.</li> </ul>
Lim et al. 2006	<i>Parcours, validation, visuel, questionnaire</i>	Valider l'utilisation des VRML pour l'évaluation paysagère sur internet / comparer photos, images VRML statiques et animation VRML	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etude de 4 points de vue d'un jardin : 3 stimuli du point de vue (photo, image, animation)</li> <li>- 2 enquêtes : au laboratoire et sur le net</li> <li>- Analyse des résultats : méthode du « sémantique différentiel »</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les jugements dans les 2 enquêtes (laboratoire/internet) ont été similaires</li> <li>- Degré de réalisme des différents médias : 1/ photographies, 2/ animation, 3/ images de synthèse</li> <li>- L'intérêt d'Internet : plus de participants, heure et place libres, économique</li> </ul>
Bishop et al. 2001 / Bishop 2001a	<i>Parcours, visuel, questionnaire</i>	Identifier les facteurs qui influencent sur le choix de direction d'un parcours (comparer parcours animé prédéfini / images fixes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suivre une animation de parcours virtuel (projeté sur un écran de PC), faire un choix à 4 points du parcours.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les informations visuelles du paysage animé sont plus riches : 3D, continuité des séquences, etc.</li> <li>- Préférences des participants pour les parcours animés par rapport aux images</li> </ul>
Harris et al. 2002 / Allison et al. 2002	<i>Parcours, immersion, interaction, visuel, entretiens</i>	Développer un système de RV (tricycle + visiocasque) qui stimule les signaux visuels et non-visuels du mouvement humain	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monde virtuel simple : agir sur des volumes</li> <li>- Mesure de la rotation de la roue du tricycle / traqueur de tête : reliés au visiocasque</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le système permet le déplacement dans un grand espace</li> <li>- Le système a traduit tous les signaux sensoriels du mouvement : mouvement visuel, stimuli auditifs, stimuli vestibulaires angulaires et linéaires (de l'accélération) et informations proprioceptives sur la position et le mouvement des jambes.</li> </ul>
Tahrani 2006	<i>Parcours, situ-vitro, immersion, interaction, visuel, verbaliser, entretiens, questionnaire</i>	Comparer ambiances lumineuses d'un parcours urbain prédéfini réel/virtuel (I <sup>2</sup> ) afin de valider le système de RV	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluation perceptive (en suscitant la parole) de la mise en lumière du parcours / puis questionnaires et entretiens</li> <li>- <i>In vitro</i> (virttools) : guide virtuel, traqueurs de tête</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluation lumineuse plutôt similaire <i>in situ/in vitro</i></li> <li>- Les I<sup>2</sup> ont amélioré l'expérience urbaine de l'utilisateur et le guide virtuel a amélioré le sentiment de présence dans le virtuel</li> <li>- Le mouvement partiellement libre a frustré les utilisateurs</li> <li>- Les ambiances lumineuses participent à la compréhension de l'espace</li> </ul>
Bishop et al. 2003	<i>Parcours, situ-vitro, visuel &amp; sonore, questionnaire</i>	Comparer parcours urbain réel/virtuel (animation visuelle et sonore) et jour/nuit afin de valider les simulations virtuelles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 animations (jour/nuit) avec arbres, bâtiments texturés, voitures, sons intégrés du site réel / projection sur écran PC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les réponses subjectives sont différentes entre réel et virtuel à cause de la vision monoscopique sur écran plat</li> <li>- Les différences entre les conditions jour/nuit sont jugés similairement <i>in situ/in vitro</i></li> <li>- Jugements positif sur le réalisme de la scène virtuelle</li> </ul>

Pheasant et al. 2006	<i>visuel &amp; sonore</i>	L'interaction visuel/sonore pour déterminer la « tranquillité » d'un paysage	- analyser la perception de la tranquillité dans 100 photographies	- corrélation tranquillité / nombre d'éléments naturels ou manufacturés dans l'image - les participants peuvent estimer le paysage sonore à partir de la photo
Anderson et al. 1983	<i>Situ-vitro, visuel &amp; sonore, questionnaire</i>	analyser la relation entre les caractéristiques visuelles et sonores de l'environnement extérieur	- Comparer perceptions espace rural/urbain - 1/ promenade dans le site, évaluation d'images et de bandes sonores hors site, 2/ évaluation de projection d'images avec sons	- Préférences visuelles pour les sites « naturels » - Préférences sonores : 1/ sons naturels 2/ sons des humains et animaux 3/ sons mécaniques - Le sonore influence la qualité visuel d'un espace - La projection d'images avec sons a donné de meilleurs résultats

Tableau 6 : Exemples d'études virtuelles dans un contexte architectural, paysager ou urbain

Dans ce qui suit, nous allons étudier les différentes approches virtuelles selon les mots-clés que nous avons définis ci-haut.

### a/ Parcours

Les études paysagères réelles ou virtuelles ont de plus en plus recours au parcours comme moyen pour explorer le paysage. La validation de l'utilisation du parcours virtuel par rapport aux images fixes a fait l'objet des applications de Lim *et al.* [2005] et de Bishop *et al.* [2001], il est aujourd'hui admis que la perception visuelle en mouvement est plus riche en informations sensibles et plus proche du vécu de l'observateur. Le parcours se manifeste souvent dans les études virtuelles sous forme d'animation 3D (une caméra qui suit une ligne virtuelle à 1m60 du sol) et plus rarement sous forme de navigation libre (interaction temps-réel) parce que ce mode « pré-calculé » nécessite un processeur moins puissant et est donc plus facile à produire.

### b/ Situ-vitro

Peu d'études ont comparé le ressenti d'un paysage virtuel à celui du réel comme c'est le cas de Zacharias [2006], de Bishop *et al.* [2003] ou de Tahrani [2006]. La majorité des applications essaie de comparer et de valider l'utilisation d'une représentation virtuelle par rapport à une autre (animation 3D par rapport à des images fixes [Lim *et al.* 2005], interaction temps-réel par rapport à des images fixes [Mohammed-Ahmed *et al.* 2007]). Pourtant, nous pensons que c'est le seul moyen de valider l'utilisation du monde virtuel dans les études sensibles du paysage (transmettre le même ressenti que le réel).

### c/ Immersion / Interaction temps-réel

La notion d'immersion n'est pas sérieusement abordée dans les études spatiales virtuelles. Nous rappelons qu'une « immersion idéale » est satisfaite, entre autres, par l'immersion totale du regard et donc, un champ visuel humain couvert par l'interface visuelle horizontalement et verticalement. Or, l'interface visuelle la plus utilisée dans les études de paysages virtuels est l'écran d'ordinateur ; parfois on a recours à trois écrans disposés horizontalement [Loiteron *et al.* 2005] ; et plus rarement, on utilise une salle immersive [Tahrani 2006] ou un visiocasque [Allison 2002]. Les interfaces visuelles coûtent chères. Toutefois, l'immersion peut être améliorée en apportant plus d'interaction

au modèle 3D [Bishop *et al.* 2005b]. En effet, l'interaction « naturelle » permet à l'utilisateur de se sentir présent (par son action) dans la scène virtuelle et donc immergé. Danahy [2001] a montré dans ce sens la nécessité de recourir à une expérience visuelle immersive et dynamique en temps-réel pour analyser et communiquer les paysages ; il annonçait déjà que ces capacités sont présentes grâce à la RV. Les notions d'immersion et d'interaction sont donc très liées et doivent être considérées dans leur interrelation.

L'interaction temps-réel implique généralement la navigation de l'utilisateur dans le monde virtuel. Tout comme le réel, il y a trois objectifs à la navigation virtuelle [Darken *et al.* 1996a] : 1/ *l'exploration* : l'utilisateur n'a pas de but précis, son seul objectif est de comprendre l'environnement exploré. 2/ *la recherche d'une cible inconnu* : l'utilisateur cherche un objectif particulier mais ne sait pas le situer. 3/ *la recherche d'une cible connu* : l'objectif de l'utilisateur est d'arriver à sa destination connue (c'est le cas de notre expérience avec les éoliennes). Les trois cas impliquent un déplacement de l'utilisateur. Dans le réel, ce déplacement s'effectue grâce aux mouvements des jambes et engage les récepteurs visuels, vestibulaires et proprioceptifs. Dans le virtuel, ce déplacement s'effectue généralement en stimulant la vue (l'utilisateur est assis devant l'écran) ce qui est loin d'être satisfaisant quand on sait que le mouvement du corps est une source importante pour développer la carte mentale de l'utilisateur et donc pour qu'il se sente enveloppé par l'espace virtuel ([Zacharias 2006], [Tahrani 2006], [Allison 2002]).

#### **d/ Visuel - sonore**

Tout comme les études du monde réel, les études paysagères *in vitro* sont majoritairement visuelles parce qu'elles se basent sur la prévalence de la vision chez l'observateur. La globalité de la perception (vision, ouïe, odorat, etc.) est pour le moment impossible en milieu virtuel à cause de la complexité de sa mise en œuvre. Un choix de priorités de restitution sensorielle est souvent nécessaire et dépend du paysage étudié (exemple : l'étude de l'impact d'une autoroute nécessite la restitution sonore du trafic routier) et des objectifs visés (exemple : l'étude de l'ergonomie d'un objet nécessite la restitution du toucher).

La restitution sonore est généralement plus facile à mettre en œuvre et à coupler au visuel que les autres sens. Quelques exemples d'applications ont ainsi rendu compte de l'influence du sonore sur la perception visuelle et donc de l'interaction des récepteurs visuels et sonores chez l'observateur [Anderson *et al.* 1983]. Il semblerait même que le rendu sonore améliore le réalisme et donc le sentiment de présence et d'immersion dans le monde virtuel [Bishop *et al.* 2003].

#### **e/ Verbaliser, entretiens, questionnaire**

Chaque application virtuelle comporte une partie expérimentale et perceptive avec l'application et une partie interprétative avec l'enquêteur qui sert à l'analyse des perceptions et des préférences de l'utilisateur. Dans certains cas, les deux parties sont confondues, c'est-à-dire, que l'utilisateur perçoit le monde virtuel et exprime sa perception immédiatement par la parole [Zacharias 2006] ; dans d'autres cas, la partie interprétative se déroule à la suite de la partie expérimentale sous forme d'entretiens entre l'enquêteur et l'enquêté [Harris *et al.* 2002] ou sous forme de questionnaire sur papier [Anderson *et al.* 1983].

Les méthodes d'analyse par l'entretien et par les questionnaires sont les plus utilisées dans les études virtuelles de la perception ; les méthodes de verbalisation de la perception immédiate sont plus développées dans les études réelles de l'espace urbain (cf. Section 4.2) et certains travaux ont

même montré la pertinence de méthodes « mixtes » où l'utilisateur verbalise sa perception et répond par la suite à un entretien et/ou à un questionnaire [Tahrani 2006].

### **2.3.3 Conclusion**

La littérature autour de la modélisation et de la visualisation du paysage montre un grand intérêt de la part des spécialistes-chercheurs pour la virtualisation des paysages comme outil d'analyse, de communication et d'aide à la décision entre les différents acteurs. Seulement nous remarquons que les applications virtuelles existantes et en cours n'évoluent pas au rythme des progrès informatiques. Ceci est dû aux limites techniques de la RV : des limites propres à l'application virtuelle (modélisation/simulation) et d'autres spécifiques à l'expérience paysagère immersive, multisensorielle et dynamique. Nous détaillons dans la suite de ce travail les limites d'immersion et d'interaction de la RV et leur répercussion sur le déroulement de notre recherche.

## **2.4 Les limites de Réalité Virtuelle pour l'étude sensible du paysage**

Avec les progrès innovants de l'informatique, les modèles 3D sont de plus en plus exigeants en puissance, en réalisme et en interactivité. L'immersion et l'interaction sont ainsi des systèmes très lourds à réaliser qui doivent de plus être pensées en même temps parce que l'optimisation de l'immersion (réalisme, stéréoscopie) peut contraindre l'interaction temps-réel et vice-versa (cf. paragraphe 2.3.2, c/ Immersion / Interaction temps-réel). Nous présentons dans ce qui suit certaines limites d'immersion et d'interaction, essentiellement celles qui concernent l'expérience paysagère immersive, multisensorielle et dynamique et que donc nous sommes susceptibles de rencontrer dans notre recherche.

### **2.4.1 Les Limites d'immersion**

L'immersion de l'utilisateur dans le monde virtuel dépend de plusieurs paramètres. Certains sont personnels (exemple : la fatigue, la mauvaise humeur) et/ou culturels (non maîtrise des systèmes virtuels) et donc indépendants du système de RV. Mais d'autres sont liés au système technique de RV et présentent des limites parfois discutables et parfois impossibles à réaliser. Dans ce qui suit, nous allons étudier les limites d'immersion liées à la qualité du modèle 3D réalisé, ceux qui concernent la globalité de la perception et ceux spécifiques à la perception visuelle et sonore.

### **a/ Qualité du modèle 3D (résolution, stéréoscopie)**

L'environnement virtuel est généralement construit avec des objets 2D et 3D texturés et mis en lumière. La recherche du réalisme visuel nécessite d'une part, des objets 3D finement maillés, des textures de haute résolution et un éclairage réaliste ; et d'autre part, une très bonne qualité de rendu d'image et une bonne résolution de l'interface visuelle. Plus les détails sont nombreux, plus le modèle est réaliste, ce qui peut aider l'utilisateur à être mieux immergé puisqu'il se sentira comme dans un espace réel. Les outils et logiciels de modélisation actuels sont capables de telle performance mais la simulation en temps réel d'un modèle complexe peut être contrainte. De plus, l'immersion exige parfois la vision stéréoscopique qui double les calculs. Les limites concernant la qualité du modèle 3D sont donc liées à l'interface visuelle et à l'interaction temps-réel :

- *Interface visuelle* : une grande résolution graphique de l'interface nécessite une bonne qualité d'image (bonne résolution des textures) et donc un modèle 3D détaillé et par conséquent lourd en calcul. A contrario, l'immersion nécessite parfois une vision stéréoscopique exigeante en puissance de machine et donc le modèle 3D ne doit pas être très lourd en calcul (détaillé). Un compromis est souvent à faire pour avoir un minimum de détails favorisant l'immersion de l'utilisateur sans contraindre la stéréoscopie ;
- *Interaction temps-réel* : le temps de réponse de la machine pour afficher immédiatement l'action de l'utilisateur ne doit pas dépasser les 100 millisecondes sinon l'interaction est biaisée. Plus le modèle est réaliste, plus il nécessite de la puissance, ce qui peut contraindre le temps-réel.

### **b/ Globalité de la perception**

Un autre biais important de l'immersion est la globalité de la perception. Pour assurer une perception de tous les sens dans le virtuel, il faudrait prévoir une interface pour chaque sens et pour chaque action de l'utilisateur. Il est extrêmement difficile techniquement (mais aussi économiquement) pour une application d'effectuer un rendu simultané de tous les sens humains. L'absence de l'interaction des sens peut gêner la perception *in vitro* dans certains cas (exemple : absence de la sensation du vent alors qu'on l'entend) mais la RV peut exploiter la capacité humaine à se concentrer sur une activité donnée – qui prime donc sur les autres – pour négliger les autres sens. Par exemple pour manipuler un objet, l'utilisateur a besoin d'une interface visuelle pour voir ce qu'il manipule et d'une interface sensori-motrice (retour d'effort) pour agir sur l'objet et n'a pas besoin d'interface sonore par exemple.

Dans la conception d'un système de RV, il est donc important de se fixer des objectifs de départ et de comprendre les tâches à accomplir par l'utilisateur (PCV correspondantes) parce qu'il est nécessaire de faire un choix sur les interfaces à utiliser. Dans le cas des éoliennes, nous allons voir que ce sont essentiellement les perceptions visuelle et sonore qui sont importantes à considérer (la sensation du toucher suscitée par le vent sur la peau est aussi importante mais difficile à réaliser). Les dispositifs visuels et sonores, bien que les plus démocratisés des interfaces sensorielles, ont leurs propres biais.

### **c/ Immersion visuelle**

La vision est le sens par excellence chez l'homme, elle est nécessairement présente dans la majorité des dispositifs de RV. Selon Fuchs [Fuchs 2003c], l'interface visuelle idéale doit avoir de

grands champs visuels horizontaux et verticaux, une vision stéréoscopique et une haute résolution graphique afin d'immerger totalement le regard dans le monde virtuel, ce qui correspond à voir la scène virtuelle même quand l'utilisateur tourne la tête ou les yeux :

- Les champs visuels horizontaux et verticaux nécessite une interface large (grand écran, cube) ou une distance proche de l'écran (visiocasque) ;
- La vision stéréoscopique est satisfaite avec un double écran (visiocasque) ou une double projection (2 vidéoprojecteurs) ;
- La haute résolution graphique doit satisfaire l'acuité visuelle qui dépend des dimensions et de la qualité de l'interface et de la distance utilisateur-écran.

Ces exigences dépendent des moyens techniques, financiers et humains disponibles pour l'expérience virtuelle et sont difficilement satisfaits en même temps. Un compromis est généralement à faire pour optimiser l'immersion.

#### **d/ Immersion sonore**

Relativement peu de travaux ont été consacrés à la simulation de sources sonores virtuelles (travaux du CSTB – salle Le Corbusier ou les travaux de l'IntelSig-ULg – salle AURALIAS). Il est pourtant certain qu'elle est un facteur-clé dans la production d'environnements de synthèse, la perception sonore s'ajoutant à la perception visuelle pour produire une interaction plus naturelle, c'est-à-dire qui améliore le réalisme et la sensation de présence de l'utilisateur dans l'environnement de synthèse [Tsingos *et al.* 2004].

Le rendu sonore regroupe trois problématiques principales [Tsingos *et al.* 2006] :

- **Synthèse et contrôle interactif de sons (génération du son) :** elle recouvre la production, la manipulation interactive de sons et la modélisation des caractéristiques physiques des sources sonores. Les difficultés liées à la génération du son concernent tout d'abord, la complexité des sons enregistrés dans leur contexte parce qu'ils dépendent de l'espace où ils ont été enregistrés (espace intérieur ou extérieur ; inclinaison et formes des faces, dimensions, matériaux de revêtement, obstacles et objets, etc.). Ensuite, la difficulté d'enregistrer un son avec un minimum d'effets possibles provenant de l'environnement. Et enfin, la question de l'enregistrement de signaux sonores continus comme c'est le cas pour le bruit des éoliennes, il y a la possibilité de « rebouclage » mais le son est ainsi très répétitif.
- **Simulation des effets de propagation du son dans l'environnement (traitement du son) :** le traitement vise à reproduire les effets de propagation du son dans l'environnement virtuel et concerne donc plusieurs paramètres tels que l'occultation par les obstacles, les réflexions sur les parois et l'effet Doppler pour les sources en mouvement. Le traitement du son est d'autant plus difficile que ces effets dépendent fortement de la géométrie de l'environnement et de la position des sources et de l'auditeur ;
- **Perception et restitution spatiale aux oreilles de l'auditeur (spatialisation) :** les techniques de spatialisation du son permettent aujourd'hui de simuler des sources sonores virtuelles placées arbitrairement dans l'espace autour de l'auditeur et de « *(re)créer un espace sonore subjectif au niveau de l'auditeur, au moyen d'une diffusion sonore sur haut-parleurs (deux ou plus) ou bien sur écouteurs* » [Daniel 2000]. Ce système permet de reproduire aussi bien des sons provenant de l'avant que de l'arrière, du dessus ou du dessous de l'auditeur. Néanmoins, la qualité du résultat est très dépendante de l'auditeur puisque les filtres à appliquer sont fortement dépendants de la morphologie de la personne. « *En pratique, maîtriser la complexité du rendu audio 3D implique de traiter principalement trois aspects :*

*gérer l'importance relative des différentes sources sonores dans la scène, gérer la complexité spatiale de la scène, gérer la complexité dans le traitement du signal* » [Tsingos *et al.* 2006].

## **2.4.2 Limites d'interaction**

L'interface d'interaction idéale doit être « transparente » et doit permettre la matérialisation immédiate de l'action dans le monde virtuel. Les contraintes de temps-réel liées au modèle 3D (cf. paragraphe 2.4.1) et à la puissance de la machine sont de moins en moins considérées grâce aux progrès des processeurs. Ce sont les interfaces d'interaction qui suscitent le plus de questions : si les actions d'observation et de communication sont faciles à réaliser, les actions de manipulation d'objets virtuels et de déplacement sont plus fastidieuses. Pour notre travail, nous nous interrogeons principalement sur les interfaces motrices : comment parcourir des centaines de mètres dans un monde virtuel de taille forcément inférieure ?

Quand nous marchons, il y a des signaux visuels et d'autres non-visuels (proprioception, système vestibulaire) qui nous informent sur notre mouvement. Dans les applications virtuelles, la simulation du mouvement repose généralement sur la seule stimulation visuelle (changement du champ visuel) pourtant les signaux non-visuels sont particulièrement importants pour le déplacement de l'utilisateur et tendent même à dominer les autres [Harris *et al.* 2002]. Le déplacement dans un système de RV nécessite que l'utilisateur informe le système où il est et où il voudrait aller et que le mouvement soit simulé de manière à convaincre l'utilisateur d'une réelle sensation de déplacement [Harris *et al.* 2002]. C'est cette seconde tâche qui peut être problématique.

Harris *et al.* [2002] ont expérimenté la contribution et la pertinence des signaux visuels et non-visuels dans la stimulation du mouvement en milieu virtuel. Deux expérimentations ont été réalisées et ont eu pour but la perception de la distance parcourue par les utilisateurs :

- *Première expérience* (animation 3D) : les signaux de mouvement basés uniquement sur la vision (signaux visuels) ont montré une appréciation juste des distances pour les grandes vitesses alors qu'à vitesse lente et surtout constante, l'utilisateur sent qu'il a parcouru une distance plus grande.
- *Deuxième expérience* : l'expérience du déplacement actif (signaux non-visuels) associé au mouvement passif (signaux visuels) a été expérimentée par Allison *et al.* [2002]. Cette approche a consisté à accompagner le mouvement visuel passif (visiocasque) avec le mouvement actif qui lui correspond (tricycle) dans un espace virtuel/réel de grande échelle (Figure 23). L'effort de pédaler fournit les signaux cognitifs et proprioceptifs réguliers d'une navigation réelle. Les résultats ont donné une appréciation juste des distances. L'association des deux types de signaux est donc importante pour une perception réaliste du mouvement.



Figure 23 : Couplage « visiocasque/tricycle » pour rendre les signaux visuels et non-visuels du mouvement (source : [Allison et al. 2002])

Aujourd'hui, des solutions telles que le tricycle, le vélo et le tapis roulant ont été proposées et ont donné de bons résultats pour la perception en mouvement. Mais leur mise en place (espace de déploiement) et parfois leur prix (tapis roulant) découragent les spécialistes du paysage surtout qu'ils affirment que la seule stimulation visuelle est suffisante. Dans notre étude, nous allons vérifier expérimentalement les fondements de cette affirmation.

### 2.4.3 Conclusion

Dans notre expérience paysagère immersive, multisensorielle et dynamique, les limites sensorielles (surtout visuelles et sonores en ce qui concerne les éoliennes) et celles de déplacement sont les plus importantes à considérer dans la construction de notre système de RV. Nous rappelons que notre objectif *in vitro* est d'avoir la même expérience paysagère du réel et donc nous ne chercherons pas le réalisme même si « *un minimum de réalisme dans les formes et dans les figures est nécessaire pour que chacun se repère. Mais il n'est pas utile d'aller vers une représentation fidèle de la réalité. En effet, si l'image est trop parfaite, le scénario perd son statut d'hypothèse discutable pour acquérir celui de prédiction* » [Michelin 2005]. Notre objectif est plutôt de restituer la perception visuelle et sonore du paysage des éoliennes (la restitution de la sensation du vent sera aussi discutée). Cet objectif est la clé de voûte du système de RV que nous allons construire.

## 2.5 Conclusion générale

Le paysage qui résulte de l'interaction d'un observateur avec son milieu nécessite de nouveaux outils de représentation pour favoriser une meilleure médiation entre les différents acteurs. Ces outils doivent restituer le paysage sensible, en d'autres termes, l'expérience paysagère immersive, multisensorielle et dynamique. La RV place l'utilisateur au centre de sa réflexion et a des potentialités pour répondre d'une manière immersive, interactive et multisensorielle au paysage ; elle présente donc des atouts pour être un outil de représentation et de discussion du paysage (Tableau 7).

Conditions nécessaires au support de représentation paysagère [Michelin 2005]	Potentialités de la RV
Fidèle à la réalité mais assez nuancé pour favoriser la discussion et l'échange des idées.	Le degré du réalisme de la scène dépend du concepteur. Il est paramétrable.
Compréhensible par tous (initiés et non initiés du paysage).	La RV se base sur le comportement et l'expérience réels de l'utilisateur et cherche à leur être fidèle. L'ergonomie du système est aussi prépondérante.
Exempt de valeur esthétique susceptible d'influencer les acteurs non initiés.	Le modèle virtuel peut contenir des valeurs esthétiques ou non selon la détermination des objectifs en amont de l'expérience.
Exprimant des modèles fonctionnels négociables (capables d'être changé rapidement).	Un des grands avantages de l'utilisation des modèles 3D virtuels est qu'on peut facilement y ajouter ou supprimer des données.

Tableau 7 : Potentialités de la RV par rapport aux conditions nécessaires d'un support de représentation paysagère

Notre proposition de la RV pour l'étude du paysage n'est pas innovante. Danahy [2001] argumentait dans ce sens que les nouvelles technologies fournissent des outils de représentation de l'assise paysagère aptes à favoriser la conciliation de visions divergentes entre les acteurs. Tandis qu'Ormaux [2005] pense « *qu'elles sont en mesure de restituer au paysage tout ce qui fait la spontanéité de sa découverte, la double dynamique de sa propre temporalité et de celle de son observateur* ». Les efforts de Stock, Bishop et Döllner pour coupler la RV et les SIG révèlent aussi l'intérêt croissant et les potentialités de la RV pour le paysage.

Nous empruntons à la RV ce que Joliveau [2004] a rapporté sur les SIG : elle « *peut être, et même doit être, simultanément envisagée à la fois comme un **instrument technique**, un **outil intellectuel**, une **production organisationnelle** et une **construction sociale*** » dans le sens où la RV est un moyen technique (mise en place des interfaces comportementales) qui nécessite la construction d'une méthodologie d'approche organisée (objectifs du projet, PCV correspondantes) autour de l'utilisateur et de ses préférences (filtres socioculturels). La question qui se pose donc est celle de la méthode de RV à adopter, une méthode à la fois technique, intellectuelle et sociale : comment va-t-elle répondre à l'expérience paysagère immersive, multisensorielle et dynamique du paysage ?

Les informations sensibles *in situ* sont riches et complexes (globalité de la perception, mouvement, ambiances lumineuses, aérauliques et thermiques) et ne pourraient être reproduites intégralement *in vitro*. Des choix et des compromis sont à faire et des questions telles que « jusqu'à quel degré de réalisme doit-on aller pour que le paysage virtuel soit un outil d'étude valide ? Que représenter pour que les perceptions du paysage virtuel soient similaires au même paysage réel ? » sont à poser.

## Chapitre

# 3

# LES ÉOLIENNES

Les éoliennes productrices d'électricité à partir du vent (aérogénérateurs) ont fait leur apparition dans le paysage international depuis le 19<sup>ème</sup> siècle ; mais leur forme actuelle a une cinquantaine d'années d'existence. Le nombre d'éoliennes n'a cessé d'augmenter dans le monde d'une part, suite au choc pétrolier des années 70, et d'autre part, à cause du « rapport Brundlandt » et autres sommets internationaux (Rio, Kyoto et Johannesburg) sur le développement durable dans les années 80-90. L'enjeu politique était donc de gagner en indépendance par rapport au pétrole tout en respectant l'environnement et en réduisant les émissions à effet de serre. L'énergie du vent a de plus la capacité de produire de grandes quantités d'électricité pour une petite surface par rapport aux autres énergies renouvelables (soleil, eau).

L'implantation d'aérogénérateurs sur un territoire n'est pas neutre, notamment d'un point de vue paysager. C'est pour cela que certains riverains et associations pour la protection de l'environnement s'animent contre les projets éoliens. Dans ce contexte de controverse, les collectivités locales ont pris conscience qu'il est important de promouvoir des démarches participatives autour du projet afin d'expliquer les choix d'implantation et d'associer les acteurs locaux à la phase de conception. Le projet paysager des éoliennes a donc besoin de repenser sa concertation notamment parce que les photomontages utilisés pour présenter le futur parc ne reflètent pas la réalité après construction.

C'est pour ce contexte énergétique, politique et social fort et mitigé que nous avons choisi d'appliquer notre approche paysagère aux éoliennes et d'étudier l'appréciation de leur impact sur le paysage (un *paysage projet* – cf. paragraphe 1.2.1). Le paysage des éoliennes est très marqué par l'éolienne elle-même parce que c'est un objet singulier dans le paysage : la couleur blanc-gris contraste avec un environnement généralement agricole, la verticale d'une centaine de mètres est visible à des dizaines de kilomètres à la ronde et le mouvement aérodynamique des pales attire l'œil par rapport à un arrière-plan plutôt statique et occasionne des nuisances sur plusieurs centaines de mètres. Ces impacts des éoliennes sur le paysage sont aujourd'hui étudiés dans une démarche paysagère objective et statique (photomontage) en ce qui concerne l'impact visuel, et dans une démarche théorique et technique en ce qui concerne l'impact sonore. C'est pour cela que nous pensons qu'il serait intéressant d'appliquer notre méthode immersive, multisensorielle et dynamique au contexte éolien : qu'est-ce que les méthodes d'analyse urbaines pourront apporter aux études des éoliennes ? Comment la RV pourra-t-elle répondre à la problématique paysagère des éoliennes ?

Pour pouvoir répondre à ces questions, nous allons d'abord évoquer le contexte général des éoliennes qui a provoqué leur expansion et l'intérêt qu'on leur porte ; cette partie décrira le fonctionnement de l'aérogénérateur, le contexte énergétique et politique qui est le coup de pouce de leur développement, et le contexte réglementaire – essentiellement français – qui essaie de cadrer l'organisation spatiale de ces nouveaux projets. Ensuite, les impacts des éoliennes sur le paysage – essentiellement les impacts visuel et sonore – consisteront la grande partie de ce chapitre ; il

s'agira d'analyser les différents outils et méthodes mis à disposition des spécialistes et des collectivités locales pour comprendre ces impacts. Enfin, nous concluons le chapitre par une synthèse qui dessinera nos propositions pour une meilleure évaluation sensible des projets éoliens.

## 3.1 Contexte général

### 3.1.1 Fonctionnement d'une éolienne

Le vent est une masse d'air en mouvement qui transforme l'énergie thermique qu'elle contient et qu'elle a retirée du rayonnement solaire en énergie cinétique. Cette énergie cinétique ou éolienne peut être utilisée de deux manières :

- *Conservation de l'énergie mécanique* : le vent est utilisé pour faire avancer un véhicule (Navire à voile), pour pomper de l'eau (moulin et éolienne de pompage) ou pour faire tourner la meule d'un moulin ;
- *Transformation en énergie électrique* : l'éolienne est couplée à un générateur électrique pour fabriquer du courant continu ou alternatif. Le générateur est relié à un réseau électrique ou bien fonctionne de manière autonome avec un générateur d'appoint (par exemple un groupe électrogène). C'est le cas des éoliennes que nous étudions.

Les éoliennes modernes ou aérogénérateurs sont de plusieurs formes : bipales ou tripales et à axe horizontal ou vertical. Aujourd'hui, l'éolienne la plus répandue est tripale à axe horizontal. Aujourd'hui, elle a une hauteur qui peut atteindre les 200 m en bout de pale et une puissance de production allant jusqu'à 6 MW. Après une première génération d'éoliennes de faible puissance (moins de 1MW), celles contemporaines ont une puissance qui croît. Aujourd'hui, les éoliennes qui s'implantent en France par exemple, elles ont une puissance de 2 à 3MW. La forme actuelle de l'éolienne est stable et optimisée techniquement, elle se compose des éléments suivants (Figure 24) :

- Le **mât**, généralement en métal, est utilisé pour sa hauteur, il permet au rotor de capter le vent plus fort en hauteur et non perturbé par les obstacles terrestres (maisons, végétation). Il abrite sur toute sa longueur une échelle et en partie basse une armoire électrique qui récupère l'électricité produite du générateur (dans la nacelle) et la distribue vers le transformateur du parc ;
- Le **rotor** est la partie mobile de l'éolienne (pales et nez) puisqu'il est généralement entraîné par le vent à partir de 4 m/s (18 km/h)<sup>4</sup>. Il est commandé par un frein qui stoppe la rotation pour les vents forts (à partir de 25 m/s ou 90 km/h)<sup>5</sup>. Le rotor est relié à la nacelle par le moyeu ;
- La **nacelle** referme la partie productrice d'électricité : l'énergie mécanique du rotor est récupérée, multipliée (multiplicateur) et transformée en énergie électrique (générateur). Elle est surmontée par un anémomètre (Figure 25) qui renseigne sur la direction et la vitesse du vent : l'éolienne s'oriente face aux vents dominants et modifie la vitesse de sa rotation par rapport à la vitesse du vent.

---

<sup>4</sup> Pour tout type d'éolienne.

<sup>5</sup> Pour tout type d'éolienne.

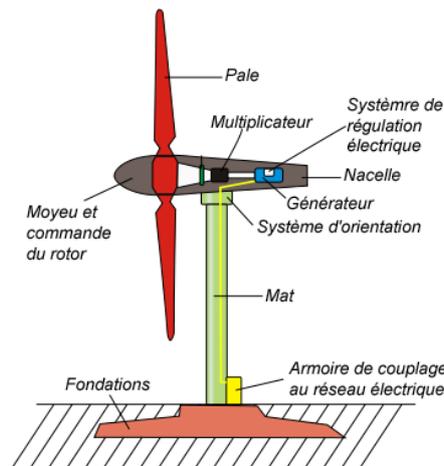


Figure 24 : Principe de fonctionnement d'une éolienne (source : Wikipedia)

Chaque parc éolien contient une partie « transformateur » ou « poste de livraison » sous forme de local qui collecte toute l'énergie électrique produite pour l'injecter directement dans le réseau électrique national sans qu'aucun stockage ne soit possible (Figure 25). Pour garantir un rendement optimal, il faut éviter que les éoliennes se gênent ; une distance minimale est donc exigée, elle dépend de la direction du vent : 3 à 9 fois le diamètre du rotor lorsque la ligne des éoliennes est placée dans la direction des vents dominants et 3 à 5 fois le diamètre du rotor lorsque la ligne des éoliennes est placée perpendiculairement à la direction des vents dominants.

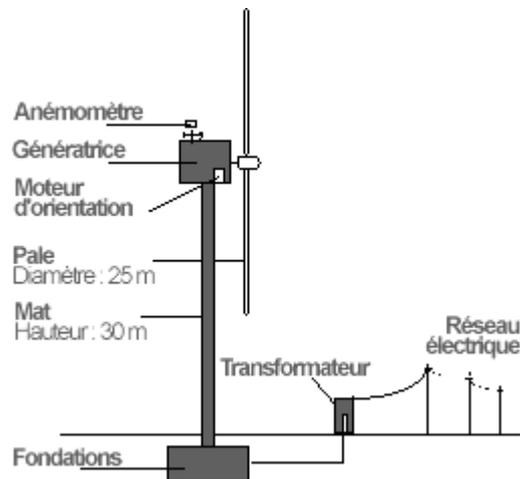


Figure 25 : Principe de raccordement d'une éolienne au réseau électrique (Source : www.ciele.org)

L'intérêt pour l'énergie éolienne en France comme dans les autres pays du monde vient du fait que c'est la principale source d'énergie renouvelable susceptible de répondre aux objectifs de réduction des gaz à effet de serre (dans la directive du 27 septembre 2001, la France s'engage à produire 21% de son électricité en énergies renouvelables en 2010 contre 15% en 1997) [ADEME *et al.* 2005]. En effet, une éolienne produit beaucoup d'électricité en peu de temps : une éolienne de 2 MW par exemple produit 4 à 6 millions de kWh. De plus, « les autres énergies renouvelables auront

*du mal à couvrir de tels besoins dans les délais impartis : la production hydroélectrique est à saturation de ses capacités, la biomasse et le photovoltaïque n'ont pas encore atteint une maturité industrielle » [ADEME et al. 2005].*

### **3.1.2 Contexte énergétique et politique**

La réflexion sur la relation entre les activités humaines et les écosystèmes s'est traduite ces 30 dernières années par le concept de « développement durable ». Depuis le « rapport Brundtland »<sup>6</sup> qui pose les piliers de cette notion, plusieurs conférences (Rio 1992, Kyoto 1997, Buenos Aires 1998, Bonn 1999, La Haye 2000) ont été conduites pour remettre en cause les modes de développement Nord-Sud, générateurs de pauvreté et de dégradation. La plus marquante des conférences est celle de Kyoto qui fixe des objectifs de réduction des gaz à effet de serre pour les pays industrialisés (5.2% sur la période 2008-2012 par rapport à 1990) et qui a donné naissance à la directive européenne 2001/77/CE du 27 septembre 2001 relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergies renouvelables [PARLEMENT EUROPEEN et al. 2001]. Cette directive impose la promotion des sources d'énergies renouvelables et fixe des objectifs indicatifs nationaux des États membres concernant la part de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables (21 % pour l'Europe des 25, 21 % pour la France en 2010).

Cet intérêt international pour les énergies propres est aussi le résultat des chocs pétroliers successifs (le dernier en 2008) qui ont apporté des variations brutales et imprévisibles du prix du pétrole. Outre la directive européenne, il s'est aussi traduit par des incitations financières spécifiques à chaque pays, lesquelles ont amené le Danemark et l'Espagne à soutenir depuis plus de 10 ans une forte croissance des installations éoliennes sur leur territoire. L'Allemagne, leader européen et mondial en termes de puissance installée, a eu une politique énergétique propre datant des années 70. Bien plus tard, la France – deuxième potentiel éolien en Europe – s'est engagée à son tour dans la promotion éolienne : le programme Eole 2005 lancée en 1996 prévoyait l'installation de 500 MW d'origine éolienne à l'horizon 2005. « *Bien qu'il permit de tirer bons nombres d'enseignements, Eole 2005 fut un échec annoncé, dans la mesure où ce programme mettait en concurrence des acteurs français quasi-inexistants, sur un marché inexistant* » [Berger 2003]. Finalement, ce programme s'est vraiment lancé suite aux conditions avantageuses du prix de rachat de l'électricité d'origine éolienne par EDF (arrêté tarifaire du 08/06/2001 pour les parcs dont la puissance est inférieure ou égale à 12 MW). Ce tarif préférentiel avait aussi pour but de favoriser une dispersion des parcs éoliens ; en effet de cette façon, des sites à l'intérieur des terres (moins ventés) pourraient également être rentables. Mais la limite de puissance (12 MW) était inadaptée et a eu pour effet de favoriser le mitage du paysage.

Le contexte politique et énergétique des éoliennes a tout de même encouragé l'envol de la filière. En France, les projets se sont multipliés depuis 1996 (Eole 2005) où seule l'augmentation de la quantité de puissance installée était importante afin de rattraper les autres pays européens. Cette construction accélérée a devancé la mise en place d'une planification réfléchie des éoliennes et d'une étude consciencieuse de leurs impacts sur l'environnement. Elle s'est donc vite heurtée à l'hostilité des riverains et des associations pour la protection de l'environnement. Les efforts politiques se sont alors mobilisés pour donner plus de pouvoir à l'Etude d'Impact d'une part et pour améliorer la communication et la participation des riverains (Enquête publique, concertation) d'autre part. Mais

---

<sup>6</sup> Le rapport de Gro Harlem Brundtland, *Notre Avenir à tous*, est publié en 1987. Il est disponible sur internet en anglais et en français ([http://fr.wikisource.org/wiki/Rapport\\_Brundtland](http://fr.wikisource.org/wiki/Rapport_Brundtland) ; consulté le 15/08/2008)

la politique énergétique hégémonique en France continue de marquer fortement les paysages, aujourd'hui et dans les prochaines années : en avril 2008, 2727 MW éoliens étaient en service en France pour un objectif de 25000 MW d'ici 2020 (10% de la production électrique française). La question de l'insertion paysagère et sociale de ces futurs aérogénérateurs n'a donc jamais été aussi forte.

### 3.1.3 Contexte réglementaire

En raison de leurs impacts sur l'environnement, les implantations des éoliennes doivent respecter un certain nombre de procédures juridiques. Ces procédures s'exercent d'une part au travers des contraintes réglementaires quant à la localisation des éoliennes (documents d'urbanisme et d'aménagement du territoire, dispositifs de protection de l'environnement, Zones de Développement Eolien, etc.), et d'autres via certaines procédures d'autorisation (permis de construire, enquête publique, étude d'impact, etc.). L'ensemble constitue un arsenal de mesures relativement rigoureux qui est mis à jour régulièrement suivant les innovations technologiques des éoliennes (puissance, hauteur) et la demande sociale (institution locales).

#### 3.1.3.1 Les règles d'implantation des éoliennes

Avant d'implanter les éoliennes, les acteurs de la filière doivent vérifier les possibilités d'implantation sur le site d'un point de vue juridique : 1/ les règles d'urbanisme et d'aménagement du territoire (règles d'urbanisme et d'aménagement / schémas spécifiques des éoliennes) et 2/ les règles de protection de l'environnement (protection de la nature / protection du paysage) [De Lajarte 2004]. Depuis 2005 [RF 2005], 3/ des zones de développement éolien (ZDE) sont proposées afin de cadrer encore plus l'implantation des éoliennes et de limiter le mitage du paysage.

*Les règles d'urbanisme et d'aménagement du territoire* : d'une part, il y a les règles spécifiques à l'urbanisme et à la planification qui prévoient, sur une échelle temporelle plus ou moins longue, des zones dans lesquelles les éoliennes seront, soit strictement interdites, soit au contraire aisément implantables en raison à la fois de la faible densité des habitants et du peu de contraintes environnementales. Exemple : Lois Montagne et Littoral, Plan Local d'Urbanisme, Cartes communales, etc. D'autre part, les schémas spécifiques aux éoliennes, à l'initiative des régions et départements, ont été encouragés par l'article 59 [RF 2003] et permettent de rationaliser les implantations d'éoliennes afin d'endiguer une expansion anarchique des impacts sur l'environnement. Elles informent aussi les acteurs du projet sur les servitudes techniques (couloirs de circulation aérienne, zones militaires). Toutefois, ces schémas sont facultatifs et purement indicatifs. Exemple : la charte départementale des éoliennes du Finistère [DDE Finistère *et al.* 2002] ;

*Les règles de protection de l'environnement* : elles préservent les espaces protégés par leur sensibilité naturelle et paysagère tels que les Parcs nationaux, les réserves naturelles, les sites inscrits, etc.

*Les ZDE* : La loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique 2005 [RF 2005] donne la possibilité aux communes de proposer au préfet la création de zones de développement éolien (retour sur expérience européenne). Ces zones bénéficient de l'obligation d'achat par EDF. La proposition doit indiquer le périmètre de la zone, en

général suffisamment éloigné des habitations pour éviter les nuisances (en France, il n'y a pas de législation pour déterminer la distance minimale entre une éolienne et les habitations). Ces ZDE, mises en place pour satisfaire les riverains et associations et pour préserver le mitage du paysage, sont aujourd'hui accusées de procédures longues, coûteuses et de ralentir considérablement l'implantation de l'éolien.

### **3.1.3.2 Les règles d'autorisation d'implantation des éoliennes**

L'article 59 de la loi n°2003-8 du 3 janvier 2003 relative aux marchés de gaz et de l'électricité et aux services publics de l'énergie [RF 2003] était le point de départ d'un statut juridique propre aux éoliennes. Rappelons que le programme Eole 2005 remonte à 1996 ; ce qui signifie que pendant 7 ans, les éoliennes n'ont pas eu de réglementation spécifique. Depuis, devant les risques contentieux de riverains et d'associations de protection de l'environnement, les textes juridiques se sont multipliés afin de sécuriser au mieux les procédures administratives (exemples : article 98 de la loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 fixant les orientations de la politique énergétique [RF 2005], la circulaire du 10 septembre 2003 [MEDD *et al.* 2003]). Trois procédures sont toutefois obligatoires depuis l'article 59 et qui sont importantes à citer pour notre recherche parce qu'elles conditionnent les impacts des éoliennes sur le paysage et la médiation paysagère du projet : 1/ le permis de construire, 2/ la notice ou Etude d'Impact et 3/ l'enquête publique.

*Le Permis de construire* a pour objectif de contrôler les projets d'implantation des éoliennes au cas par cas et d'imposer une évaluation environnementale préalable (l'Etude d'Impact). Il est exigé pour toute installation d'éoliennes d'une hauteur supérieure ou égale à 12 m [RF 2003a] et lorsque cette hauteur est supérieure ou égale à 50 m (pales non comprises), une enquête publique et une enquête d'impact sont obligatoires [RF 2005a]. Le permis de construire se compose d'une notice explicative, d'une Etude – ou notice – d'Impact, d'un plan de situation, d'un plan général des travaux, des caractéristiques principales des ouvrages (éoliennes et locaux techniques), de différentes autorisations (aviation, militaire, autorisation de coupe d'arbres, etc.) et d'une enquête publique.

*L'Etude d'Impact sur l'environnement* est « une procédure qui permet d'examiner les conséquences, tant bénéfiques que néfastes, qu'un projet de développement envisagé aura sur l'environnement et de s'assurer que ces conséquences sont dûment prises en compte dans la conception du projet » (OCDE, cité dans [André *et al.* 2003]). Dans le cas éolien, elle est mise à la disposition du public préalablement à la délivrance du permis de construire. Elle porte une attention particulière à l'avifaune, aux nuisances sonores et à l'étude paysagère visuelle ; et explique les modalités de remise en état du site à la fin de vie du parc éolien (environ 20 ans). Le recours à un paysagiste par le maître d'ouvrage n'est pas obligatoire mais des services d'Etat tels que la DIREN et la Commission des Sites, Perspectives et Paysages (CDSPP) sont consultés parce que l'étude d'Impact est désormais un document-clé dans le projet éolien : c'est un outil de protection de l'environnement, un outil d'information pour les services de l'Etat et le public et un outil d'aide à la conception [Neau 2004]. Le contenu de ces Etudes d'Impact sera détaillé et analysé dans la section suivante (cf. Section 3.2).

*L'Enquête publique* est obligatoire dans le droit français depuis 1995 [RF 2002] et ce texte a été transposé aux projets éoliens (hauteur de mât > 50m). L'enquête a pour objectif d'informer le public, recueillir leurs appréciations, suggestions et contre-propositions ; sa durée varie entre 1et 2 mois. Les critiques apportées à l'enquête publique consistent principalement à présenter au public un projet entièrement ficelé et difficilement amendable à ce stade de la procédure [De Lajartre 2004]. C'est

pourquoi les opérateurs sont encouragés à organiser une concertation du public en amont, afin de favoriser une meilleure acceptation locale. Cette concertation se traduit généralement par des réunions publiques d'information à plusieurs stades du développement du projet.

### **3.1.3.3 Les règles propres au bruit**

Comme toute nouvelle construction, les émissions sonores des parcs éoliens ont été soumises à la réglementation des bruits de voisinage [RF 2006] qui repose sur l'évaluation de l'émergence du bruit chez le voisin (l'émergence est la différence entre le bruit ambiant avec l'installation en fonctionnement et le bruit résiduel avec l'installation arrêté). Ce décret impose le respect d'un niveau d'émergence à ne pas dépasser : pour un bruit ambiant supérieur à 30 dB(A) chez le riverain (à l'extérieur de l'habitation), l'émergence du bruit perturbateur doit être inférieure à 3 dB(A) la nuit et 5 dB(A) le jour à l'extérieur. Il est spécifié que cette mesure doit être réalisée avec une vitesse de vent  $\leq 5$  m/s (nous verrons dans le paragraphe 3.2.2, les difficultés liées à cette mesure). La Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS) est consultée pour faire respecter ces seuils et pour valider les études des acousticiens (intégrées dans l'Etude d'impact). Dans les autres pays européens, la réglementation impose seulement un niveau sonore absolu à ne pas dépasser chez le voisin (en Belgique et aux Pays Bas, la valeur limite est de 40 dB(A) ; elle est de 45 dB(A) au Danemark).

### **3.1.3.4 Conclusion**

Nous avons exprimé dans ce chapitre les règles qui nous paraissaient les plus pertinentes pour notre démarche paysagère. Ces règles sont très nombreuses et n'ont cessé de se réformer dans le temps. La prolifération des textes provient de l'évolution rapide des technologies liées aux éoliennes (hauteur, puissance, formes, couleur, nuisances), mais surtout du fait que les instances de l'Etat au niveau local et national sont très sollicitées par les acteurs du projet éolien : d'une part, ceux qui sont réticents voire opposés aux éoliennes, tels que les riverains et les associations de riverains, veulent des mesures restrictives contre la multiplication des projets ; et d'autre part, ceux qui sont favorables aux éoliennes, tels que les opérateurs et les écologistes, veulent accélérer les procédures d'implantation. Les deux parties s'opposent et jouent un rôle primordial dans le baromètre d'acceptabilité de la production éolienne.

Qu'en est-il des impacts des éoliennes sur le paysage dans ce conflit ?

La réglementation se veut concise et de plus en plus exigeante en ce qui concerne la constitution de l'Etude d'Impact. Mais la réalité des documents soumis à la DIREN<sup>7</sup> rend compte de l'absence d'une démarche réfléchie sur « l'intégration paysagère » des éoliennes et d'une faiblesse des études au niveau des mesures compensatoires pour réduire les impacts : l'impact sur le paysage est plus un constat qu'une analyse ou une discussion. Dans le cas de l'impact sonore, plusieurs études proposent de réduire la vitesse du rotor lorsque les vents sont forts (comment vérifier cela après construction du parc ?). Ces études sont surtout inintelligibles pour les citoyens novices des études techniques (qu'est-ce que c'est 30 ou 40 dB pour ses oreilles ?).

---

<sup>7</sup> En 2005, Monsieur J.-Y. Desdoigts, Chargé de mission énergies renouvelables à la DIREN Bretagne nous a permis de consulter et d'analyser les Etudes d'impact reçues à la DIREN.

Nous constatons donc qu'il y a décalage entre la pratique réelle des projets éoliens et la réglementation théorique mise en place. Ce décalage s'explique par un manque d'outils et de méthodes pour l'application des textes :

- Les textes régissant l'Etude d'Impact n'expliquent pas les moyens à déployer pour une telle étude (tels que la définition d'un périmètre d'étude pour les impacts ou la question des modes de représentation à utiliser) ;
- L'enquête publique et la démocratie participative encouragées par les textes législatifs font face à une réalité sur le terrain qui nécessite une concertation en amont des projets. Les modalités d'une « bonne concertation » restent posées.

### 3.1.4 Contexte social

Selon les sondages, 90% des français seraient favorables au développement de l'énergie éolienne (source : syndicat des énergies renouvelables SER). Le même constat a été fait grâce à des enquêtes aux Etats Unis et dans plusieurs pays européens [Krohn *et al.* 1999] : les énergies renouvelables en général et les éoliennes en particulier sont positivement perçues par les populations. Une étude faite au Danemark (Anderson, cité dans [Krohn *et al.* 1999]) précise que ce sont les populations avec un grand degré de connaissance sur les énergies d'aujourd'hui qui ont une opinion plutôt positive sur l'énergie du vent.

Pourtant, les éoliennes font autant parler d'elles positivement que négativement. En réalité, la transformation du paysage avec l'avènement des éoliennes a suscité l'adversité entre deux groupes sociaux avec des argumentaires soutenus : le bien de la planète en produisant des énergies propres et renouvelables ou la protection d'un paysage « emblématique ». « *L'enjeu est de mettre l'adversaire dans une position difficile en s'appropriant une légitimité moralement indiscutable* » [Droz *et al.* 2005a]. Dans ce chapitre, nous allons nous intéresser principalement aux conflits sociaux des éoliennes en essayant de comprendre les enjeux de la contestation : est-ce l'objet « éolienne » qui dérange ou est-ce le projet local indépendamment de l'objet ?

Dans son enquête, Guérin-Pace (cité dans [Molines 2003]) a posé la question de « l'environnement » aux populations : « *si je vous dis 'environnement', qu'est-ce que ça évoque pour vous ?* ». D'une façon unanime, l'*environnement* représente l'espace de résidence tantôt rural et tantôt urbain. Les termes *nature* et *milieu* sont également fréquents. Mais l'enquête a rendu surtout compte de la variété des conceptions, selon que la population interrogée est instruite ou non-diplômée et selon qu'elle est urbaine ou rurale. En effet, en une cinquantaine d'années, le profil et le mode de vie des français ont beaucoup évolué grâce à l'augmentation du temps libre. Cette évolution a concerné le rapport à la nature et la transformation des espaces naturels en lieux de détente et de confort [Molines 2003]. De plus, ils se sont vus octroyer le droit de donner leur opinion sur les projets locaux (démocratie participative). Tous ces éléments ont contribué aux conflits sociaux autour des projets.

Dans son travail sur la contestation sociale des autoroutes, Molines [2003] distingue entre deux sortes de conflits :

- Les **conflits d'usage** (Dziedzicki, cité dans [Molines 2003]) se manifestent à cause de la transformation de l'espace par une nouvelle infrastructure. Cette dernière est source de conflits du nouvel usage de l'espace. « *Ces conflits d'usage sont accentués par de nouveaux rapports à l'espace : les populations urbaines vont à la périphérie et à la campagne pour*

*chercher une meilleure qualité de vie faite d'espace et de calme (entre 1975 et 1990, les communes dites périurbaines ont connu une croissance de population de + 1.5% par an contre 0.5% pour toute la population française) » [Molines 2003] ;*

- Les **conflits d'implantation** « regroupent tous les refus d'infrastructures nouvelles, qu'elles soient ponctuelles comme une décharge, linéaires comme une autoroute ou surfaciques comme un champ d'éoliennes. Dans ce dernier cas, ces objets de grande échelle répondent à des besoins et des enjeux nationaux et internationaux. Ils négligent donc les besoins des populations locales » [Molines 2003]. A l'échelle nationale et internationale, les effets énergétiques positifs sont incontestables. A l'échelle locale, on est loin des bénéfices promis pour la création d'emplois, la dynamisation de la zone et les taxes (c'est la communauté des communes en bénéficie). Ces projets sont donc vécus comme une véritable agression : syndrome NIMBY [Molines 2003].

Le phénomène NIMBY (Not In My Back Yard) n'est pas spécifique aux éoliennes et signifie que les individus n'acceptent pas tout nouvel aménagement parce qu'il est dans leur entourage proche. Dans les années 90, des chercheurs aux Etats Unis [Gipe 2001] et dans d'autres pays [Lyrette *et al.* 2004] ont interprété la contestation des éoliennes par l'effet NIMBY. En effet, c'est ce qui explique qu'on accepte l'énergie éolienne et non les objets « éoliennes » près de chez soi. D'autres recherches menées ces dernières années ont montré que certains acteurs « *ont une fâcheuse tendance à « naturaliser » le paysage et à vouloir imposer leur propre perception subjective comme une réalité objective* » [Droz *et al.* 2005a]. Ces acteurs sont, selon [Joliveau 2004], des « rurbains » qui partagent leur existence entre la campagne (repos, loisirs de pleine nature, lieu de retraite, etc.) et la ville (activités culturelles ou professionnelles, origines, études, etc.) par opposition aux populations rurales traditionnelles telles que les agriculteurs qui sont plutôt réceptifs à ces projets.

Les riverains contestataires ne sont généralement pas seuls à agir. Leur mobilisation est encouragée par le mouvement associatif. Les associations ont en effet un rôle majeur d'information et de sensibilisation de la population aux questions de la protection de l'environnement et un rôle de lobbying de la composante environnementale. Finalement, derrière la volonté originelle de défense de l'environnement, certaines de ces associations cachent une détermination plus large à participer aux décisions d'aménagement [Lyrette *et al.* 2004].

Pendant longtemps, l'argumentaire présenté contre les éoliennes variait entre enjeux politiques et énergétiques : c'est une énergie intermittente et imprévisible qui nécessite une compensation par des centrales thermiques et nucléaires ; c'est une énergie qui coûte cher pour ce qu'elle produit ; les éoliennes perturbent la réception des ondes hertziennes (télévision analogique perturbée) ; le balisage par des flashes émis toutes les cinq secondes en haut des mâts perturbe la quiétude nocturne de la campagne et constitue une pollution lumineuse supplémentaire ; etc. Ces craintes recouvrent plus prosaïquement une inquiétude quant à la dépréciation du foncier et de l'immobilier à proximité des parcs éoliens [Lyrette *et al.* 2004]. Mais aujourd'hui, ce sont les enjeux paysagers qui sont les plus mis en avant parce que basés sur la subjectivité et donc difficilement opposables. En effet, les valeurs attachées à la notion de paysage sont multiples et difficiles à intégrer dans des modèles objectivables comme dans les Etudes d'Impact.

Aujourd'hui, la mobilisation affichée contre les éoliennes est essentiellement paysagère. Ce sont les acteurs contestataires qui ont ainsi associé « les éoliennes » au « paysage » et ont provoqué cet intérêt croissant pour les impacts des éoliennes ; tant du point de vue des collectivités et des opérateurs (Etude d'impact, concertation en amont) que du point de vue des chercheurs en sciences

sociales. En effet, ces derniers ont effectué plusieurs enquêtes sur site afin de comprendre le phénomène paysager des éoliennes (cf. paragraphe 3.2.2). Parmi les solutions trouvées pour que les éoliennes soient acceptées par les riverains, il y a l'éolien « de copropriété ». Au Danemark et en Allemagne par exemple, de nombreux parcs appartiennent à des particuliers (collectivités, personnes physiques, coopératives privés, associations) [Krohn *et al.* 1999]. Ce succès relève de l'implication des communautés et de la promulgation des lois tarifaires sur l'électricité (tarifs favorables aux énergies renouvelables). L'implication des communautés favorise une meilleure acceptabilité locale et des projets de plus grande puissance réalisés dans les plus brefs délais (aides de l'Etat) avec des retombées financières locales intéressantes. En France, un premier parc éolien de « copropriété » a vu le jour en Lorraine (2006), la Bretagne suit le mouvement avec les encouragements de l'ADEME.

### 3.1.5 Conclusion

Nous résumons dans la Figure 26, les différentes étapes d'un projet éolien dans le temps. Nous remarquons que la procédure administrative qui est la plus décisive dans un projet éolien ne représente approximativement que 10% (5/50 mois) de la procédure globale. Ceci montre que la partie « visible » et médiatisée du projet est faible par rapport à tout le travail fourni derrière.

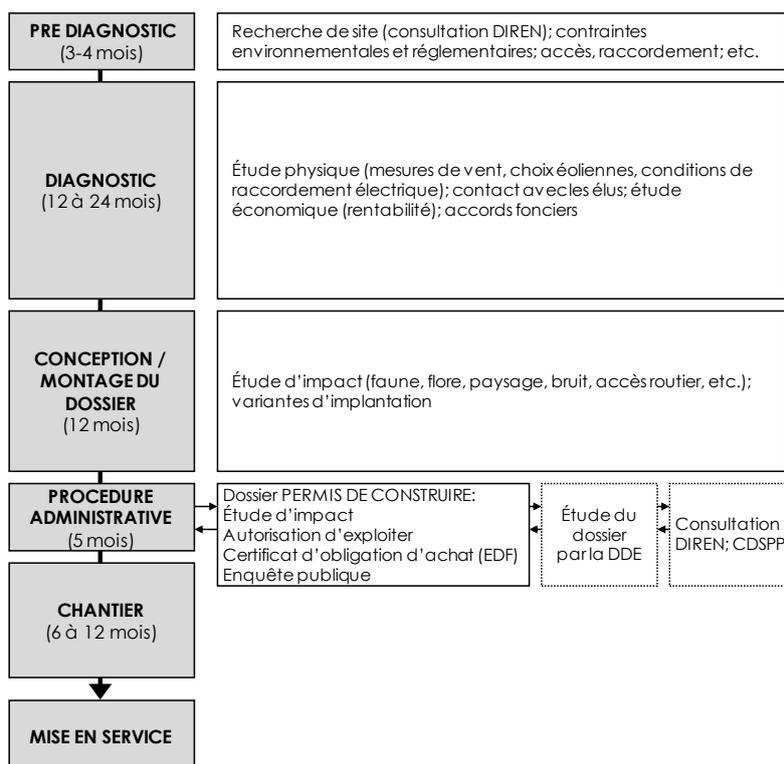


Figure 26 : Les différentes étapes d'un projet éolien

Les éoliennes ont un contexte très mitigé : un contexte politique et énergétique encourageant voire hégémonique, un contexte réglementaire entre encouragement et prohibition, et un contexte

social chaotique mais le point de vue « contre » est le plus visible parce que médiatisé. D'ailleurs, les médias ont profité de ces enjeux pour véhiculer la polémique sociale des « éoliennes » : aujourd'hui, quand on parle d'elles, on pense souvent à leurs impacts sur le paysage. C'est ce qui nous intéresse dans notre recherche parce que le projet éolien par ses revendications sociales est aujourd'hui un projet paysager, un outil d'action et d'aide à la durabilité qui a besoin de nouvelles méthodes pour étudier les impacts perçus par les usagers. En effet, plusieurs acteurs du projet éolien sont convaincus que la problématique paysagère est liée à une mauvaise étude des impacts et à une inadéquate concertation [ADEME *et al.* 2002a] ; c'est pour cela que « *l'éolien devient le prototype de ce qu'il faudrait faire en matière d'accompagnement et de concertation autour des projets de grands équipements* » [Droz *et al.* 2005a]. La concertation autour des éoliennes se déroule de la même manière que pour un projet paysager et a donc besoin d'outils de représentation accessibles, compréhensibles et réversibles.

Nous allons détailler dans le chapitre suivant les impacts visuel et sonore des éoliennes sur le paysage. En ce qui concerne l'impact visuel, nous allons étudier les caractéristiques de l'impact perçu d'un parc réel et celles de l'impact représenté par les outils de représentations usuels. En ce qui concerne l'impact sonore, nous allons nous intéresser aux études sur la perception sonore des éoliennes et à leurs résultats. L'objectif est de comprendre les caractéristiques de ces impacts et de dégager les potentialités et les limites des études de ces impacts.

## 3.2 Impacts sur le paysage

L'impact sur l'environnement se définit comme « *l'effet, pendant un temps donné et sur un espace défini, d'une activité humaine sur une composante de l'environnement (aspects biophysiques et humaine)* » [André *et al.* 2003]. Les changements dans la structure, le caractère et la qualité des ressources paysagères sont donc effectués par l'utilisateur et jugés par lui (l'effet de ces changements sur les usagers). L'impact sur le paysage a une forte connotation humaine avec des paramètres d'action/perception importants. Et tout comme le projet paysager, l'étude d'impact des éoliennes s'effectue sur deux étapes :

- *Phase étude (analyse de l'état initial)* : il s'agit de caractériser les paysages existants dans le périmètre d'étude (rayon d'une dizaine de kilomètres) en mettant en évidence les sensibilités paysagères aux éoliennes (échelle, habitations, fonctionnements visuels, ambiances). Cette étape permet de spécifier les unités paysagères ;
- *Phase projet (conception et médiation)* : il s'agit de penser l'implantation des éoliennes (conception) et d'évaluer ses impacts sur l'environnement. Ces derniers varient en fonction de la position de l'observateur, des caractéristiques paysagères et des caractéristiques des éoliennes [DIREN Bretagne 2003]. Logiquement, plusieurs scénarios sont proposés pour que la médiation paysagère puisse discuter le projet. Seulement dans le cas des éoliennes, les contraintes d'implantation (peu de terrains disponibles, accord des propriétaires nécessaire) et d'objet (design et couleur fixes) font que dans la plupart des cas, un seul scénario est proposé. La médiation s'effectue sur un projet ficelé avec peu de discussion possible.

Les impacts des éoliennes sur l'environnement ne sont pas que paysagers, elles affectent aussi la faune et la flore ou des activités telles que le transport aérien ou les transmissions d'ondes. La polémique autour de l'avifaune est moins virulente aujourd'hui puisqu'il suffit que l'implantation du parc évite les couloirs de migration, dans ce cas une éolienne ne cause pas plus de mortalité chez les

oiseaux qu'un pylône haute tension. Mais ce sont les impacts sur le paysage qui sont régulièrement évoqués et contestés et c'est ce qui nous intéresse dans notre approche paysagère. Les impacts visuel et sonore sont polémiques à cause de leur subjectivité et de leur contextualité (chaque site a sa spécificité et donc des impacts visuel et sonore différents) ; il est difficile d'établir un cahier des charges fixe, c'est pour cela qu'il existe plusieurs guides sur la manière de conduire une Etude d'Impact ([ADEME *et al.* 2005], [DIREN Bretagne 2003]). Dans ce qui suit, nous allons détailler ces impacts majeurs des éoliennes. En se référant au paysage immersif, intersensoriel et dynamique, nous allons découvrir que l'étude de ces impacts présente bien des limites que notre démarche propose de solutionner.

### 3.2.1 Impact visuel

L'impact visuel des éoliennes implique des caractéristiques propres à l'éolienne et d'autres propres au paysage environnant. C'est dans leur relation que l'impact se manifeste et doit être pensé. Le « ressenti » de cette relation paysagère dépend de données objectives et subjectives. De manière objective, l'objet « éolienne » constitue un point d'appel prégnant dans le paysage de par sa hauteur (Figure 27), sa couleur et le mouvement attractif de ses pales :

- *Hauteur* : de loin ou de près, l'éolienne est surtout visible par son mât. Les paysages naturels et de campagne sont peu marqués par la ligne verticale (à l'exception des forêts). L'implantation d'éoliennes apporte donc cette caractéristique visuelle nouvelle ;
- *Couleur* : les couleurs des éoliennes sont normées pour des raisons aéronautiques, la couleur claire est obligatoire mais rare dans le contexte naturel. Par conséquent, elle attire l'œil ;
- *Mouvement* : les paysages de campagne sont généralement statiques. L'œil humain est toujours attiré par le mouvement. Les pales de l'éolienne attirent donc l'œil.

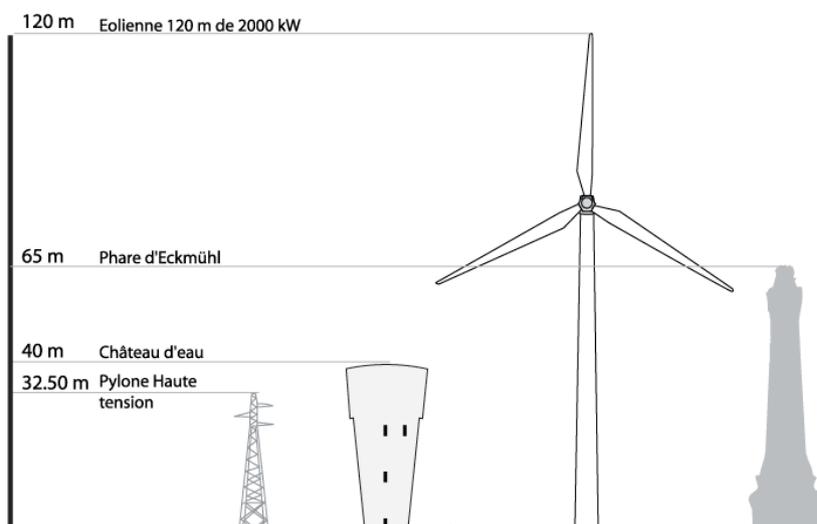


Figure 27 : Comparaison de la hauteur d'une éolienne avec d'autres éléments du paysage (source : [DIREN Bretagne 2003])

De ce fait, les caractéristiques visuelles attractives des éoliennes sont incontestables. De plus, leur impact s'étend jusqu'à une vingtaine de kilomètres à cause de leur hauteur. Le périmètre d'étude conseillé pour étudier l'impact visuel se limite le plus souvent à 10 km [ADEME *et al.* 2005] ou 6

km [Newcastle 2002]. Cette variation dans les périmètres le résultat de plusieurs paramètres qui entrent en jeu [ADEME *et al.* 2005] :

- *Conditions météorologiques* : la clarté de l'air dépend de l'heure de la journée, du vent, de la pluie, etc. Les conditions atmosphériques jouent un rôle pour atténuer ou renforcer la lecture de l'éolienne (Figure 28) ;
- *Mise en lumière* : la saison et l'heure d'ensoleillement sont des paramètres dynamiques non négligeables. Le soleil en contre-jour, en face ou de biais donne à chaque fois une perception différente de la couleur de l'éolienne (Figure 28) ;



Figure 28 : Différentes perceptions de l'éolienne selon les conditions météorologiques et la mise en lumière (source personnelle)

- *Topographie* : dans un paysage plat, la relation « éoliennes-paysage » est simple : la verticalité des éoliennes contraste avec la ligne d'horizon, alors que dans un paysage en pente ou avec masque, la relation « paysage-éolienne » est plus complexe (Figure 29)

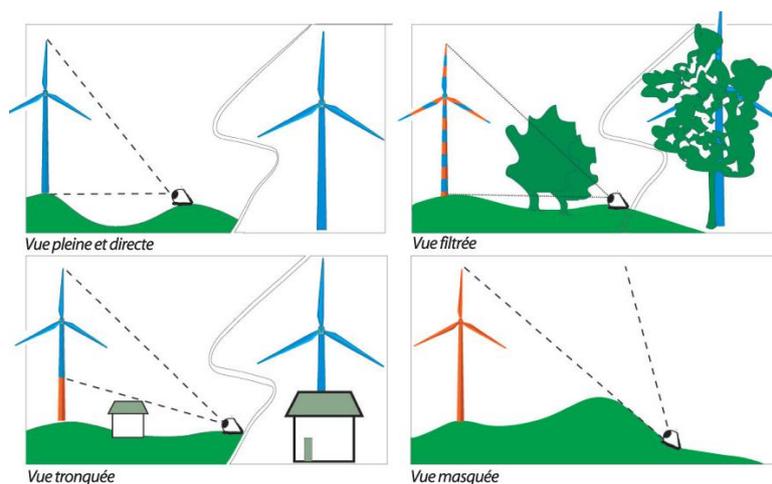


Figure 29 : Différentes perception selon la topographie et les éléments paysagers (A gauche : les conditions de perception ; à droite : les vues résultantes) (source : [DIREN Bretagne 2003])

- *Points de vue spécifique à la fonction de l'espace* : seuls quelques points de vue pertinents tels que les maisons, les chemins de promenade et de randonnée, les routes (axes de circulation majeure et mineure), etc. doivent être considérés parce que fréquentés par des observateurs ;
- *Les éléments paysagers* : plus le paysage est riche en objets plus la présence des éoliennes est visuellement atténuée. A contrario, plus la vision est dégagée et profonde, plus les éoliennes sont marquantes ;
- *Point de vue de l'observateur* : il change selon la distance au parc (l'angle de vue) (Figure 30) et la position et le mouvement de l'observateur. Cette perception en mouvement diffère selon le mode de déplacement (à pied ou en voiture), les obstacles occultant les éoliennes et le nouveau point de vue (éoliennes en face ou en biais, proches ou plus lointaines, etc.).

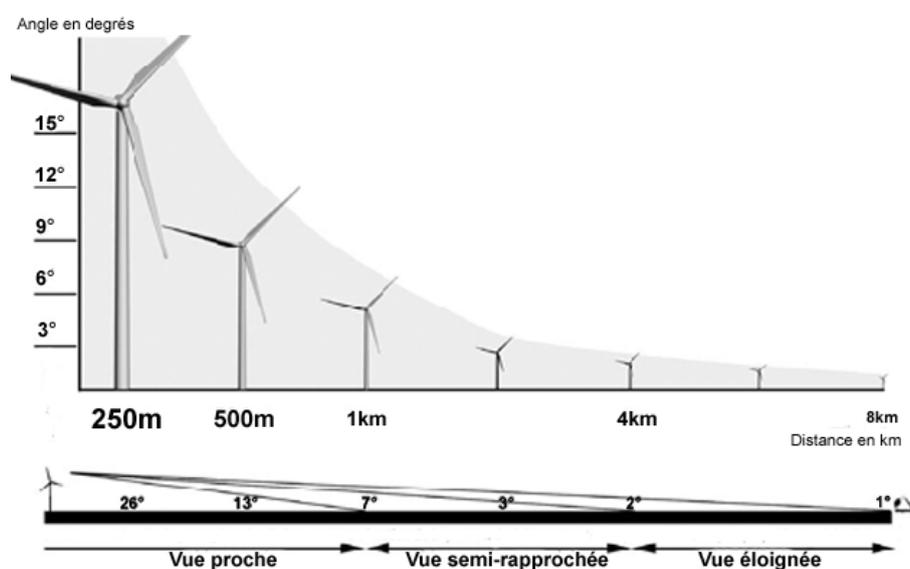


Figure 30 : Variation de l'angle de perception de l'éolienne en fonction de la position de l'observateur (l'impact visuel n'est pas proportionnel à la distance) (source : [DIREN Bretagne 2003])

Tous ces paramètres cités ci-haut sont variables et s'influencent mutuellement ce qui rend l'appréhension de l'impact visuel très complexe. Pour faciliter l'analyse paysagère, les guides éoliens ([DIREN Bretagne 2003], [ADEME *et al.* 2005], [Newcastle 2002]) proposent de découper l'espace en trois périmètres de perception qui facilitent l'étude des impacts mais le rayon de ces périmètres change d'un guide à un autre et parfois, il n'est pas suggéré parce qu'il dépend des composantes paysagères variables :

- *Aire lointaine* : elle correspond approximativement à un rayon supérieur à 5-10km. La visibilité des éoliennes dépend des conditions météorologiques, de la topographie, des éléments paysagers, etc. Lorsque les éoliennes sont visibles, les objets plus proches dominent généralement la perception ; dans ce cas de figure, l'impact visuel des éoliennes est atténué. Mais lorsque le paysage est étendu, plat et épuré, la vision focalise sur les éoliennes et leur mouvement. Dans ce cas, elles structurent l'espace (Figure 31) ;



Figure 31 : Diverses perceptions des éoliennes dans l'aire lointaine (source personnelle)

- *Aire rapprochée ou intermédiaire* : elle correspond approximativement à un rayon compris entre 1 et 5km. C'est le périmètre le plus étudié dans les Etudes d'Impact parce qu'il présente une vue globale sur le site éolien qui occupe l'espace. La lecture des éoliennes est tantôt horizontale, tantôt verticale (Figure 32) mais elle est toujours dynamique (mouvement des pales). L'impact visuel est à considérer ;



Figure 32 : Une lecture frontale et horizontale vs. une lecture latérale et verticale du parc (source personnelle)

- *Aire immédiate* : elle correspond à un rayon inférieur à 1 km. Les éoliennes dominent encore plus la vision à cause de leur taille. De plus, la rotation des pales attire non seulement la vision mais aussi les oreilles. L'impact visuel et sonore est à considérer (Figure 33).



Figure 33 : Vues au pied des éoliennes (source personnelle)

L'appréhension de tout paysage, y compris éolien, appelle une multitude de composantes imprévisibles et confuses dans leur interrelation parce qu'« *un paysage, c'est une image, ... Tout n'est pas visible, il y a des effets de masques et de perspective. Un des éléments les plus durs pour l'appréhension du paysage, c'est ce changement continu d'échelle entre l'observateur et l'infini : au premier plan, vous avez les objets individualisés mais vous ne voyez pas leur logique, au deuxième plan, vous voyez les logiques mais les objets commencent à être de plus en plus regroupés, quand vous arrivez à l'arrière-plan, vous n'avez plus que les grandes logiques et vous n'avez plus d'objets* » [Michelin 2005]. Cette citation résume les trois niveaux de perception de tout paysage et conforte notre appréhension de l'étude des impacts des éoliennes comme un projet paysager qui nécessiterait une démarche immersive, multisensorielle et dynamique.

Nous remarquons dans ce sens qu'*in situ*, les études sensibles concernant l'impact visuel des éoliennes sont rares. Nous pouvons tout de même citer le travail de Johansson *et al.* [2007] qui ont étudié la relation entre la perception visuelle et l'attitude positive ou négative de l'observateur envers les éoliennes. Les résultats ont montré que les facteurs personnels d'opposition sont liés à une perception visuelle négative et vice versa. La caractéristique visuelle qui est la plus prépondérante pour l'acceptabilité d'un parc est celle de l'unité du paysage. En effet, plus le parc est perçu comme ancré et intégré dans son environnement mieux il est accepté. Toutefois, la majorité des études *in situ* s'interroge sur l'acceptabilité de l'objet « éolienne » (exemples : [Ek 2005], [Kaldellis 2005]) tandis que la caractérisation de la perception visuelle est plus souvent étudiée *in vitro* (cf. paragraphe 3.2.1.2).

Dans ce qui suit, nous allons nous intéresser à un des moyens qui permet la maîtrise sinon l'intelligibilité des composantes paysagères visuelles d'un projet éolien : l'outil de représentation. Dans le cas des éoliennes, la représentation du futur projet s'effectue grâce à des outils classiques, tels que le croquis et le photomontage, ou à des outils numériques de modélisation. Ces outils varient entre des représentations du point de vue « étendu » de l'expert et celui « centré » de l'observateur (cf. Section 1)

### **3.2.1.1 Outils de représentation classiques pour l'évaluation de l'impact visuel**

Ces outils correspondent aux mêmes modes de représentation du paysage : ceux du point de vue de « l'expert » sont la carte, essentiellement utilisée pour déterminer les différents périmètres d'étude (Figure 34), et le bloc-diagramme et ceux du point de vue de « l'observateur » sont le photomontage et le croquis. Nous allons détailler essentiellement le deuxième point de vue parce que les potentialités et les limites du premier sont décrites dans le paragraphe 1.4.1 et parce que c'est le point de vue de l'observateur qui nous intéresse dans notre expérience paysagère.

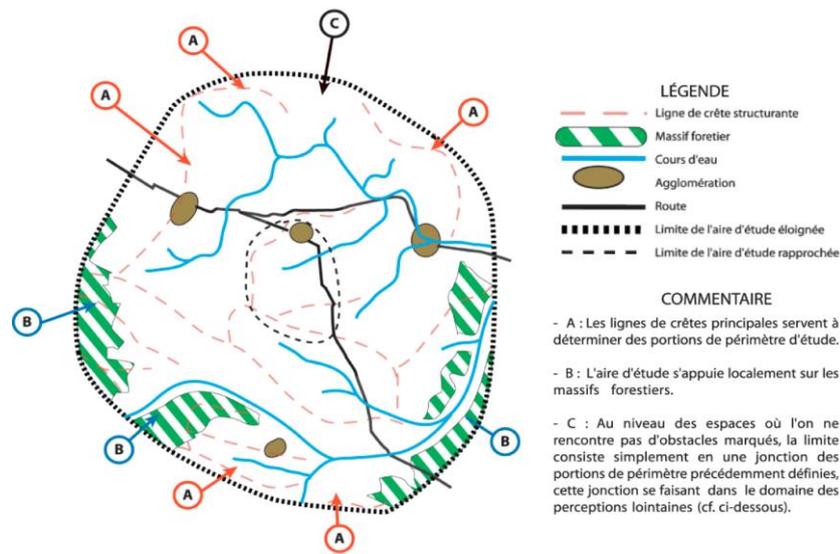


Figure 34 : Carte schématique permettant le positionnement des limites des périmètres d'étude (source : [DIREN Bretagne 2003])

### a/ Le croquis

Stanton [1995] est la pionnière dans les règles d'analyse paysagère des éoliennes d'un point de vue subjectif. Elle a donné des principes de composition des éoliennes dans leur environnement. Ces principes sont jusqu'à aujourd'hui un guide pour les spécialistes du paysage éolien. Ils sont d'ailleurs indépendants des éoliennes et s'inspirent des codes visuels de l'espace [Bell 2004a] tels que l'équilibre visuel, l'ordre, l'harmonie et la hiérarchie. L'approche de Stanton est très intéressante dans le sens où elle prend en compte plusieurs types de paysage et plusieurs scénarios possibles. Son étude s'est placée dans l'aire intermédiaire et l'aire lointaine. Elle a utilisé le croquis pour exprimer ses idées (Figure 35).

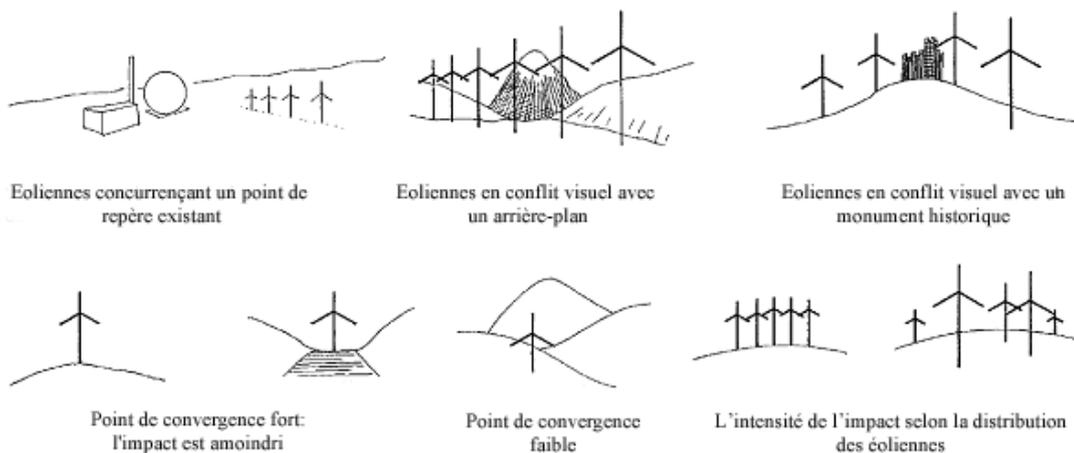


Figure 35 : Composition des éoliennes selon leur contexte (source : [Stanton 1995])

Déjà en 1995, Stanton prévoyait que l'impact visuel des éoliennes allait être le plus important puisque ces objets seront le quotidien de beaucoup de personnes. Ses croquis rendent compte d'une cohérence compositionnelle où la lecture du paysage doit être simple et lisible (c'est ce qui a été aussi démontré par l'enquête *in situ* de Johansson *et al.* [2007]). Elle recommande par exemple de préférer le regroupement des éoliennes à leur étalement spatial et sans confrontation avec d'autres éléments paysagers. Alors que dans les paysages surchargés, une seule éolienne est susceptible de s'intégrer.

Grâce au croquis, Stanton a fait véhiculer beaucoup de règles de composition qui ont servi aux concepteurs. Les croquis ont permis de simplifier la réalité perçue en utilisant les lignes. Les limites de ce mode de représentation sont abordées dans le paragraphe 1.4.1. Dans le cas des éoliennes, nous pensons que les informations perdues dans les couleurs, l'éclairage, le mouvement, l'échelle et dans les formes de l'éolienne en elle-même (réduites à des lignes) réduisent la véritable perception d'une éolienne dans un paysage réel.

## b/ Le photomontage

Le photomontage (Figure 36) constitue, d'après le guide de l'ADEME et du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, « *un excellent support de concertation* » [ADEME *et al.* 2005]. A partir d'une photographie réelle prise sur site, des logiciels de dessin permettent de simuler la position et l'apparence des éoliennes. Les points de vue doivent être stratégiques, c'est-à-dire, pris depuis les habitations, les chemins, les monuments, etc. ; et ils doivent aussi être représentatifs des trois niveaux de perception. Mais dans la réalité, les photographies sont principalement prises au niveau de la perception intermédiaire parce que les éoliennes ne sont pas très visibles dans les photomontages de perception lointaine (pixellisation de l'image par rapport à une vision dans le réel) et au niveau de la perception immédiate, les opérateurs craignent ces photomontages qui ont été à la base de plusieurs contestations de riverains comme c'est le cas de notre site d'étude de Plouguin.



Figure 36 : Photomontages en perception lointaine (a), intermédiaire (b) et immédiate (c) (source : [DIREN Bretagne 2003])

Le photomontage est le moyen le plus utilisé dans les Etudes d'impact – plus que les croquis – parce que l'image est plus réaliste et parce qu'il semble être le meilleur outil du point de vue

« qualité/prix ». Pourtant, il cumule les limites des photographies telles que la subjectivité du photographe et le cadrage limité (cf. paragraphe 1.4.1). Dans le guide de la DIREN de Bretagne [2003], on est aussi conscient de la perte d'information dans ce type d'images : « *changement de lumière pendant la journée, le balayage du paysage par le regard de l'observateur, le mouvement des pales* ». De plus, les photomontages sont fournis en nombre limité, par conséquent, ils sont non représentatifs de la majorité des points de vue du site.

Le photomontage a aussi des limites propres à la représentation des éoliennes. Tout d'abord, l'échelle monumentale des éoliennes est difficilement appréciable dans une photographie (exemple : la tour Eiffel perçue sur une carte postale et dans la réalité) ; d'ailleurs, les éoliennes intégrées dans les photomontages sont d'une échelle approximative. Ensuite, le mouvement rotatif des pales, qui est reconnu comme attractif et même « réducteur » d'impact visuel [Gipe 2001], est une donnée absente des photomontages. Enfin, ce mode de représentation figé dans le temps ne peut pas tenir compte de la variation de la couleur de l'éolienne selon les ambiances lumineuses.

### 3.2.1.2 Outils de représentation numérique pour l'évaluation de l'impact visuel

Connaissant les limites des modes de représentation classiques et les potentialités croissantes des outils numériques, beaucoup d'efforts ont été fournis pour améliorer ces outils dans le sens des projets éoliens. En ce qui concerne les outils de représentation du point de vue de « l'expert », certains logiciels de cartographie 2D se sont spécialisés dans la création de cartes numériques de visibilité qui déterminent les ZVI (Zone of Visual Influence) (Figure 37). Ces cartes sont très courantes et utiles pour une première approche du site et afin de spécifier le périmètre d'étude des impacts. C'est une démarche objective de l'étude d'impact visuel.

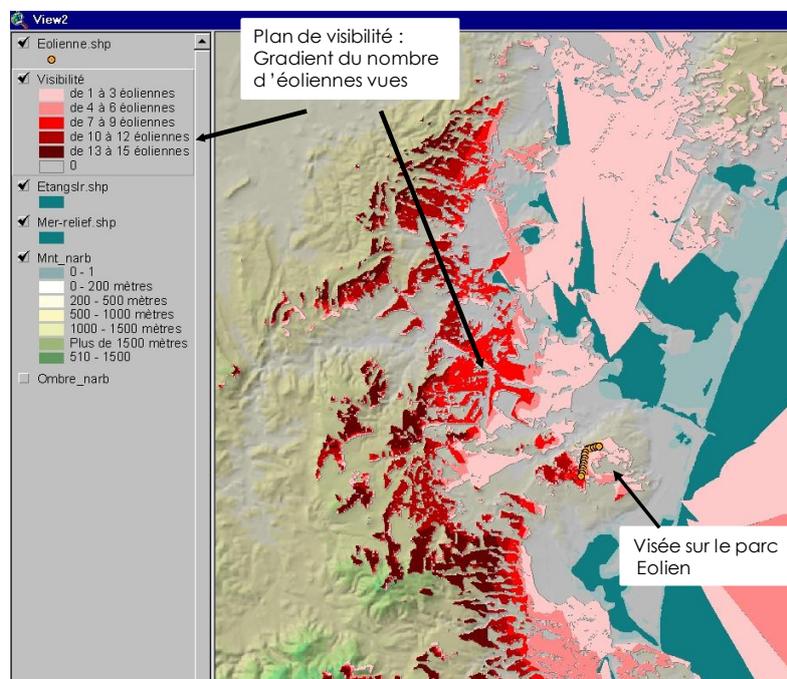


Figure 37 : Exemple de carte représentant le calcul de visibilité et les ZVI (source : [Durand 2005a])

En ce qui concerne les outils de représentation du point de vue de « l'observateur », ils se basent sur la modélisation et la simulation en 3 dimensions de la scène paysagère grâce à des logiciels de paysage (exemple : Genesys) ou de conception architecturale et de design (exemple : AutoCAD et 3DS Max). Il existe également des logiciels spécialisés pour les éoliennes et intégrant la RV tels que WinPRO [Thøgersen *et al.* 2003] qui gère tout d'abord la conception de la scène paysagère avec les éoliennes et qui permet ensuite à l'utilisateur un déplacement libre en temps-réel via un joystick ou une souris. Mais la plupart de ces outils sont utilisés pour produire des images de synthèse ou des animations 3D sans interaction (pour le moment, ce sont les spécialistes qui jouissent de l'interaction, elle n'est pas utilisée dans un but de médiation) et pourtant les avantages de ces outils 3D pour l'éolien sont multiples :

- Simuler la vision de n'importe quel point du territoire (et donc pouvoir représenter les différents niveaux de perception des éoliennes) ;
- Simuler un point de vue dynamique qui évolue dans le temps et dans l'espace comme en se promenant ;
- Simulation du déplacement de l'observateur (stimulation visuelle) ;
- Représenter la dynamique des pales ;
- Outil de discussion compréhensible par les citoyens et plus proche de leur vécu immersif ;

Afin de crédibiliser ces outils auprès du public (collectivités et population), quelques études ont été réalisées afin de montrer d'une part, la singularité de l'objet « éolienne » dans le paysage et donc de son impact particulier sur la perception par rapport à d'autres infrastructures (échelle, mouvement, couleur) [Bishop 2002] ; et d'autre part, l'influence de la distance, du contraste et des conditions atmosphériques dans l'évaluation perceptive de ces objets [Bishop *et al.* 2007]. Les résultats ont montré que l'impact visuel des éoliennes est influencé par la distance et par les conditions atmosphériques.

Parmi les problématiques de ces études, la visualisation sur écran plat est de taille. En effet, la vision d'un espace 3D sur un écran plat n'est pas la même que dans le réel : la résolution de l'écran et sa pixellisation loin de la réalité perçue et le rendu des couleurs, du contraste et des effets atmosphériques est difficilement semblable à la réalité vraie (et non celle imaginaire des jeux vidéos). Tous ces aspects de la visualisation influencent la perception. Seulement, si ces études présentent bien par exemple l'importance de la restitution de la dynamique des pales dans le paysage, elles ne montrent pas l'importance d'une perception en mouvement animée ou en interaction temps-réel (pourtant démontrée dans d'autres études sur le paysage ; cf. paragraphe 2.3.2), ni celle de l'immersion de l'observateur pour améliorer le ressenti.

### **3.2.2 Impact sonore**

Le rôle de l'acousticien est aujourd'hui incontournable dans un projet éolien. Les opérateurs, en effet, se sont rendu compte que le bruit joue un rôle considérable dans l'Etude d'impact afin de contrecarrer l'argument sonore des éventuelles contestations. Selon le guide éolien de l'ADEME *et al.* [2005], on distingue trois « bruits » perceptibles à l'oreille :

- Un *bruit mécanique* généré par la machinerie de la nacelle et qui est quasi inaudible au-delà de 200m ;

- Un *bruit aérodynamique* qui correspond au sifflement du vent en bout de pales. Pour réduire ce bruit, les pales sont conçues selon les mêmes méthodes que celles utilisées pour une aile d'avion ;
- Un bruit de cisaillement (aérodynamique) occasionné par la traînée de la pale au passage devant le pylône.

Le bruit aérodynamique et périodique est celui qui reste perceptible en s'éloignant des éoliennes. A titre d'exemple, au niveau du rotor, le niveau de bruit est en moyenne de 100 dB(A). Au pied d'une éolienne, le niveau sonore s'élève à 55 dB(A), équivalent au niveau sonore d'une conversation à voix normale. A 500 m, il atteint 35 dB(A), soit le bruit d'une conversation à voix basse.

La tâche de l'acousticien n'est pas simple parce que le cas des éoliennes est bien particulier et complexe. Dans leur rapport sur les impacts sanitaires du bruit généré par les éoliennes, L'afssset *et al.* [2008] essaient d'expliquer toutes les contraintes sonores sur site et qui concernent la topographie, la couverture végétale mais principalement les conditions atmosphériques : d'une part, la variabilité de la propagation du bruit à grande distance (direction du vent, jour/nuit, journée ensoleillée/nuageuse/pluvieuse) et d'autre part, la problématique du vent puisqu'il est une nécessité pour l'éolienne (pour son fonctionnement mais surtout pour le calcul de son impact sonore) mais il est à éviter pour la mesure du bruit résiduel (à des vitesses élevées, le souffle du vent sur le micro perturbe la mesure et le bruit du vent sur différents obstacles devient important). « *Par conséquent, l'émergence connaît des variations encore plus marquées que pour les autres types de projets* » [Gamba 2005a]. Nous rappelons que l'émergence est la clé du calcul de l'impact sonore puisqu'elle est réglementée par des seuils à ne pas dépasser chez l'habitant (cf. paragraphe 3.1.3.3).

La puissance acoustique de l'éolienne suit assez étroitement la force du vent, elle doit donc être prise en compte dans l'évaluation de l'impact sonore [Gamba 2005a] :

- En dessous de 3 à 4 m/s, l'éolienne ne tourne pas ;
- Entre 4 et 6 m/s, l'éolienne tourne et l'émergence du bruit est significative. « Elles tournent, produisent presque le même bruit que si le vent était fort et le phénomène de 're-génération' du bruit de la végétation à proximité des habitations n'est pas encore suffisant » [Gamba 2005a] ;
- Au-delà de 6 m/s, le bruit résiduel « re-généré » par le vent dans la végétation commence à être plus significatif que le bruit des éoliennes.

Gamba propose donc d'arrêter les éoliennes dans le deuxième cas de figure et lorsque le bruit dépasserait les 5dB(A) admis la journée ou les 3dB(A) admis la nuit. Les éoliennes ne produisent pas beaucoup d'électricité avec un vent qui souffle entre 4 et 6 m/s, cela reste donc acceptable pour la rentabilité du projet et pour la tranquillité des voisins. Mais comme la propagation du son dépend aussi de la direction du vent, cela veut dire que le bruit occasionné par les éoliennes ne se propagera pas toujours vers les habitations du moins, les mêmes habitations.

L'impact sonore obéit donc à des paramètres techniques – décrits ci-haut – qui occasionnent des gênes chez certains riverains. Et ce sont ces gênes qui ont poussé les chercheurs à s'intéresser à l'impact sonore d'un point de vue technique mais aussi sensible. En effet, les études sur l'impact sonore des éoliennes sont de trois ordres :

- Des *études techniques* qui considèrent les performances sonores des éoliennes et cherchent à réduire le bruit aérodynamique [Barnes 2007] ;
- Des *études techniques et subjectives* qui combinent des méthodes objectives et subjectives afin d'évaluer l'impact sonore. Dans ce cas de figure, Bloin [2007] a montré, grâce à la

modélisation et à des tests psycho-acoustiques (basé sur l'écoute de bandes sonores), l'influence du bruit de la végétation sur l'audibilité des éoliennes ;

- Des *études subjectives et quantitatives* qui évaluent la perception sonore dans un but d'objectivation statistique. C'est le cas de figure qui nous intéresse le plus dans l'expérience paysagère multisensorielle, nous détaillons ces études dans ce qui suit.

Très tôt et à travers des études au Danemark, aux Pays-Bas et en Allemagne, Wolsink [1988] a montré que les gênes occasionnées par le bruit affectaient très peu de personnes et qu'ils concernaient certains modèles d'éoliennes bruyantes (ancienne génération). En effet, les pales des éoliennes modernes, plus grandes, plus profilées et plus lourdes, tournent plus lentement (de l'ordre de 13 tours/mn en moyenne). Seulement, les gênes persistent aujourd'hui, ce n'est donc pas une question de génération d'éoliennes. Il y a aussi le fait que ce sont davantage les milieux ruraux qui sont exposés aux éoliennes, et par conséquent statistiquement moins exposés aux bruits urbains ou d'origine industrielle. D'après Gamba, « *le problème des éoliennes, c'est qu'elles sont implantées à la campagne. Or, à la campagne, une partie de la population y est venue pour y trouver le calme... les néo-ruraux ne supportent pas qu'on leur barbouille leur carte postale* » [Gamba 2005a]. Le désagrément peut aussi provenir d'un sentiment négatif à l'égard des éoliennes car « *quand l'information sonore nous rappelle quelque chose de souhaité, ce n'est pas perçu comme du bruit ; quand cela nous rappelle une chose qui n'est pas souhaitée, cela devient du bruit et c'est gênant* » [Gamba 2005a].

La problématique sonore ne concerne peut être pas le bruit en lui-même et n'est qu'une question d'acceptation de l'objet « éolienne » ? Pour y répondre, certaines enquêtes se sont intéressées à la caractérisation de la perception sonore des éoliennes. Pedersen *et al.* [2006] par exemple, a montré que les nuisances étaient plus ressenties par des habitants qui voyaient les éoliennes de leur maison (corrélation visuel/sonore) et qu'ils correspondent à l'incongruité des sons industriels et manufacturés par rapport à des sons « naturels ». Quant à Krohn *et al.* [1999], ils ont fait un état des lieux de quelques enquêtes sociales sur l'impact sonore en résumant les résultats qui ont parfois tendance à s'opposer :

- *Influence des médias* : les personnes qui ne connaissent pas les éoliennes pensent qu'elles font plus de bruit que ceux qui vivent à côté des éoliennes ;
- *Influence du genre* : les hommes sont plus gênés par les nuisances sonores que les femmes et préfèrent voir beaucoup d'éoliennes regroupées alors que les femmes préfèrent peu d'éoliennes mais éparpillées dans le paysage ;
- *Influence de l'âge* : les personnes d'âge moyen sont plus critiques vis-à-vis des nuisances que les autres personnes [Ladenburg 2008] (alors que Thayer *et al.* [1987] affirment le contraire) ;

La majorité des enquêtes sociales sur le bruit utilisent essentiellement des questionnaires et parfois des entretiens pour demander l'avis des populations. Ce sont des méthodes de perception « mémorisée » ou « remémorée » que nous considérons comme insuffisantes pour comprendre tous les aspects de la problématique paysagère des éoliennes (cf. paragraphe 1.3.3). L'immersion de l'observateur et la perception immédiate ont l'avantage de caractériser la perception de l'impact sonore et de le contextualiser. Cela pourrait révéler d'autres variables à l'impact sonore.

### 3.2.3 Conclusion

L'insertion des éoliennes dans le paysage induit des impacts visuel et sonore. En ce qui concerne l'impact visuel, l'analyse des caractéristiques visuelles obéit aujourd'hui à des règles objectives [Stanton 1995] plus que subjectives (peu d'études sur la perception visuelle *in situ*) et l'outil de représentation de la phase concertation est le photomontage bien que quelques études virtuelles montrent le potentiel de l'immersion et de l'interaction ce qui pourrait être un bon moyen pour la médiation. En ce qui concerne l'impact sonore, l'analyse des caractéristiques sonores fait généralement appel à des méthodes non-immersives et leur appréhension avant la réalisation du parc est aujourd'hui très difficile parce qu'elles répondent à des paramètres techniques.

Les études sur l'évaluation sensible des impacts sont fondamentalement quantitatives et objectives et sont un bon moyen pour déblayer le contexte des impacts et obtenir quelques caractéristiques majeures. Mais nous pensons qu'une étape qualitative est nécessaire par la suite pour approfondir cette caractérisation. D'un autre point de vue, si nous nous référons à l'expérience paysagère immersive, intersensorielle et dynamique, les études actuelles sur les impacts des éoliennes sont principalement non-immersives, mono-sensorielles et statiques. Or, dans le chapitre « Paysage », nous avons vu que, d'une part, l'immersion et la perception en mouvement donnent plus d'information sur le ressenti du paysage. Ainsi la perception sera caractérisée (quelle est l'appréciation esthétique et acoustique du paysage ?) et contextualisée (quels sont les composantes environnementales qui influent sur la perception ?) ; d'autre part, le paysage appelle à l'interaction des sens, les impacts visuel et sonore s'expriment donc aussi dans leur interaction. L'étude de Pedersen *et al.* [2008] par exemple, concernant l'impact des facteurs visuels sur les nuisances sonores chez les riverains des parcs éoliens, montre qu'il y a une forte corrélation entre la perception des nuisances et la visibilité du parc de chez soi. Toutefois, cette étude est non-immersive et ne fait pas appel à la simultanéité des perceptions visuelle et sonore. Il est vrai que la séparation des canaux sensoriels peut donner des résultats plus poussés et plus précis [Tahrani 2006] mais nous pensons que leur interrelation est aussi riche en informations.

## 3.3 Conclusion générale

Les éoliennes posent des problématiques énergétique, politique, réglementaire et paysagère avec des jeux d'acteurs et de conflits non négligeables. Elles nécessitent la prise en compte de paramètres techniques, économiques et sociaux. Mais ce sont essentiellement les aspects sociaux qui amplifient le débat sur les impacts des éoliennes sur le paysage. En effet, ces impacts sont polémiques et nous avons vu dans le paragraphe 3.2.3 les limites de leur étude *in situ* et *in vitro*. Ces limites se répercutent vite sur le processus de concertation des projets éoliens. Planchais [2004] pense qu'un des moyens pour améliorer la concertation et la communication entre les différents acteurs est de travailler sur « *des outils de communication, des éléments d'analyse et de représentation du projet compréhensibles par les non initiés. Les illustrations classiquement employées ne sont pas toujours très convaincantes de ce point de vue. Notamment, les cadrages choisis ne sont pas toujours argumentés sur leur pertinence ou leur fondement. Il est nécessaire de faire des simulations depuis les points de vue les plus fréquentés et en tenant compte des vitesses de déplacements possibles* ».

Notre méthode de RV, immersive, multisensorielle et dynamique va essayer de proposer quelques solutions aux limites des études d'impact visuel et sonore. En positionnant l'utilisateur au

centre de notre méthode – de même qu’il est le principal acteur du « paysage », de la « RV » et des « éoliennes » –, nous pensons que notre expérience virtuelle peut s’intégrer dans un processus de concertation à condition de restituer les impacts des éoliennes sur le paysage d’une manière analogue à la perception réelle. Les réponses qu’elle peut apporter aux limites des outils de représentation actuels sont multiples :

- *Visualisation des mouvements dans la scène* : la rotation des pales fait de l’éolienne un objet dynamique plus fortement perceptible. En restituant ce mouvement, l’éolienne retrouve sa pertinence ;
- *Vision dynamique* : le déplacement du regard dans la scène virtuelle grâce à un champ visuel dynamique induit d’une part, une meilleure évaluation de l’impact visuel des éoliennes et d’autre part, une amélioration du sentiment de présence qui est indispensable pour reproduire les mêmes représentations paysagères du réel ;
- *Déplacement de l’observateur dans la scène virtuelle* : quand le paysage suscite l’action, l’observateur découvre et perçoit en mouvement ;
- *Immersion de l’observateur dans la scène* : l’appréciation du paysage d’un tableau est différente de l’appréciation du même paysage quand on s’y trouve et qu’on peut s’y mouvoir ;
- *Immersion à l’échelle 1/1* : une des caractéristiques principales des éoliennes est son échelle qui ne peut être perçue pareillement dans la réalité que sur une photo. De plus, la perception des dimensions réelles alors qu’on est dans le virtuel augmente le degré d’immersion de l’utilisateur ;
- *Ambiances sonores* : la restitution sonore couplé au visuel enrichit la scène virtuelle mais surtout la perception de l’observateur ;

*Outil de revue et de discussion du projet* : en plus de l’étude sensible du paysage, l’outil de représentation est facilement modifiable et donc discutable par les différents acteurs du projet.

# CONCLUSION : PROBLEMATIQUE et HYPOTHESES

## La réalité virtuelle : vers une méthode immersive, multisensorielle et dynamique pour l'étude du paysage sensible

La synthèse des données précédemment présentées nous permet de dresser plusieurs constats sur les trois sujets abordés :

- Le paysage est une notion centrée sur l'utilisateur, c'est pourquoi les efforts de conduite d'un projet de gestion paysagère donnent aujourd'hui beaucoup d'importance à l'expérience sensible de l'utilisateur en essayant de l'intégrer aux deux phases de projet, celle d'analyse du paysage existant et celle de médiation paysagère. Cette expérience paysagère est basée dans le réel sur l'immersion de l'observateur dans l'espace, sur sa perception multimodale et sur son mouvement dans l'espace et dans le temps. Dans le cas de la médiation paysagère, la représentation d'un nouveau projet doit restituer cette expérience paysagère pour être vécue pareillement que dans la réalité une fois construite ;
- Les impacts des éoliennes sur le paysage sont un grand sujet de controverse pour les différents acteurs de l'éolien (habitant, collectivités locales et maître d'ouvrage) d'autant plus que la majorité des moyens mis en place pour étudier et discuter les impacts sont non-immersifs, mono-sensoriels (visuel ou sonore) et statiques ; ce qui est loin de représenter une expérience usagère valide du paysage ;
- La réalité virtuelle (RV) dispose des capacités d'immersion et d'interaction qu'exige la gestion paysagère pour rendre son outil de représentation accessible, compréhensible et réversible. Les limites de la réalité virtuelle sont majoritairement techniques et financières. En ce qui concerne notre travail cela s'applique d'une part, à la multi-modalité de la perception puisque cela nécessite beaucoup d'interfaces sensorielles à mettre en place et d'autre part, au déplacement sur de grandes distances. Celui-ci pose la problématique des interfaces motrices qui nécessitent généralement la mise en œuvre de grands moyens techniques en contradiction avec les efforts de démocratisation de l'outil.

Notre problématique centrale se situe donc à la croisée de deux thèmes majeurs : le paysage et la réalité virtuelle ; notre cadre applicatif est le projet éolien. Dans le chapitre « paysage », la méthode immersive, multisensorielle et dynamique que nous proposons pour étudier le paysage sensible doit s'appliquer à deux niveaux : en amont du projet, à la phase « analyse des représentations paysagères » ; et en aval du projet, à la phase « médiation paysagère et représentation du projet pour les différents acteurs ». Grâce à ses potentialités d'immersion et d'interaction, nous proposons la réalité virtuelle comme un outil pour l'étude sensible du paysage. Pour atteindre cet objectif, la réalité virtuelle doit être capable de restituer le paysage sensible ou l'expérience paysagère immersive, multisensorielle et dynamique. En d'autres termes, les caractéristiques des perceptions

dans le réel doivent être similaires à celles dans le virtuel. Afin de dégager ces caractéristiques, nous proposons d'introduire les méthodes d'analyse urbaines immersives, intersensorielles et dynamiques afin d'analyser les représentations paysagères dans un contexte rural. Ces méthodes urbaines se déroulent généralement dans l'espace public et sont basées sur la déambulation de l'utilisateur urbain. Elles ont pour objectif la caractérisation et la contextualisation de la perception immédiate (immersive) ce qui met en valeur la relation usager-espace dans la cognition. Nous expliciterons plus en détail notre choix de méthodes dans le chapitre suivant.

Notre objectif principal dans cette recherche est la construction d'une méthode immersive, multisensorielle et dynamique via la réalité virtuelle afin d'étudier le paysage sensible. Notre problématique générale s'interroge donc en premier lieu sur **les potentialités et les limites de la réalité virtuelle pour l'étude sensible du paysage**. De cette problématique ainsi que des différents objectifs et propositions qui en découlent, plusieurs questions se posent (Figure 38) :

- *Question 1* : Peut-on utiliser une méthode d'analyse urbaine ? Comment s'adapterait-elle au contexte rural ?
- *Question 2* : Comment se déroule l'expérience paysagère en immersion et en interaction *in situ* et *in vitro* ? c'est-à-dire : comment perçoit-on et quelles sont les caractéristiques de cette perception immédiate ?
- *Question 3* : Comment mettre en place les conditions nécessaires à l'expérience paysagère – c'est-à-dire l'immersion, la multisensorialité et le mouvement – dans le système de réalité virtuelle ?

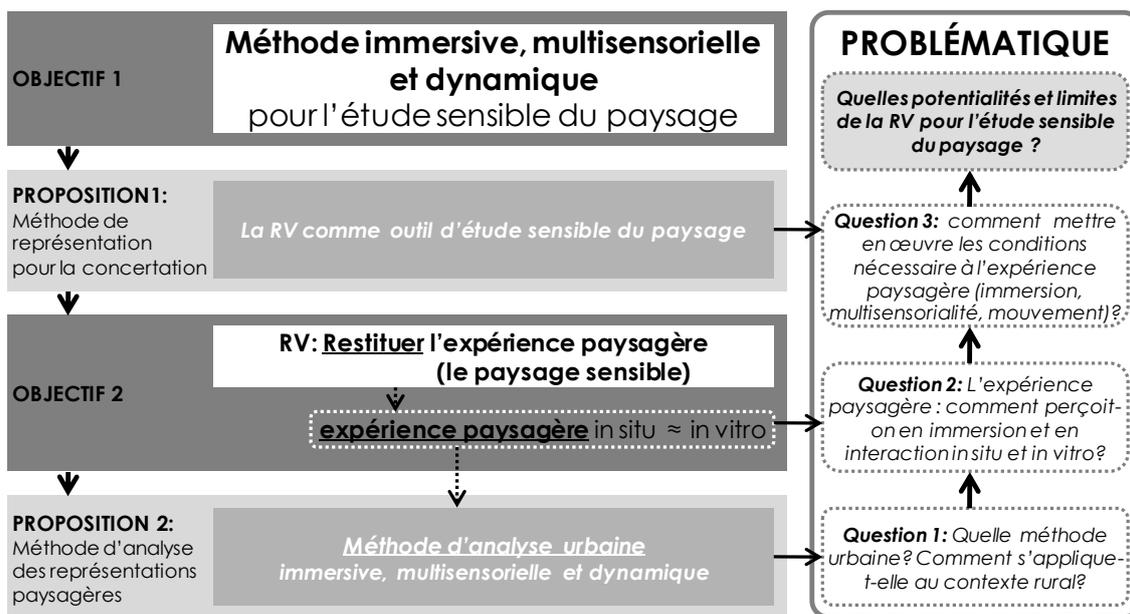


Figure 38 : Mise en évidence de la problématique par rapport aux objectifs et propositions

Ainsi, la problématique générale du paysage appliquée au contexte éolien a pour objectif de déterminer les potentialités et les limites de la réalité virtuelle pour l'étude des impacts des éoliennes sur le paysage. Nous précisons que l'évaluation des impacts des éoliennes sur le paysage équivaut à l'évaluation de la perception d'un espace contenant des éoliennes qui transformeraient cet espace en paysage. En effet, dans le paysage, l'éolienne crée de nouveaux signaux (mouvement des pales,

rythme vertical, couleur, signaux sonores, etc.) qui sont réinterprétés par l'observateur : elle modifie la lecture spatiale. Notre objectif est d'étudier la nouvelle interprétation de cet espace. Dans le cadre de la restitution des impacts par la réalité virtuelle, cela implique d'une part, une comparaison entre des perceptions dégagées d'un contexte réel et des perceptions dégagées du contexte virtuel homologue et d'autre part, une comparaison entre les conditions d'émergence de ces perceptions (mise en situation réel/virtuel). C'est pour cela que le système de réalité virtuelle doit aussi restituer l'immersion, la multisensorialité et le mouvement pour pouvoir prétendre à la restitution des impacts. Les questionnements spécifiques à la problématique des éoliennes sont donc :

- Quels sont les impacts des éoliennes perçus *in situ/in vitro* (caractérisation et mise en contexte de la perception immédiate) ?
- Quelle méthode d'analyse urbaine choisir et comment l'adapter au contexte éolien ?
- Comment mettre en place les conditions nécessaires à l'étude des impacts des éoliennes dans le système de réalité virtuelle ?

Le « transfert » de la problématique paysagère au cas particulier des éoliennes soulève la question du retour vers notre problématique d'origine autour du paysage : quels résultats obtenus de l'approche pragmatique des éoliennes sont-ils généralisables ? Comment l'expérience paysagère des éoliennes peut-elle être appliquée à tout projet paysager ? Pour répondre à ces questions, nous estimons qu'il faut penser constamment – tout au long de l'approche expérimentale – l'étude sur les éoliennes comme une étude paysagère particulière et que nous sommes en train de construire un outil essentiellement pour le paysage.

Pour répondre à notre problématique, nous adoptons les hypothèses de travail suivantes :

- L'expérience paysagère est plus riche en informations sensibles grâce à l'immersion, la multisensorialité et au mouvement. Cette hypothèse sera éprouvée par une double comparaison : *in situ*, une comparaison entre une méthode d'analyse « ordinaire » (entretiens) et une autre immersive (parcours commentés) mettra en évidence l'apport de chaque paramètre (immersion/intersensorialité/mouvement). En outre, plusieurs niveaux d'immersion et d'interaction ont été mis en place dans le système de réalité virtuelle afin de rendre compte de « l'évolution » des informations sensibles *in vitro* ;
- Les potentialités du système de la réalité virtuelle pour l'étude sensible du paysage sont conditionnées par sa capacité d'immersion (interfaces sensorielles) et d'interaction (mouvement visuel et déplacement dans le virtuel). Ces paramètres influencent énormément la perception de l'environnement virtuel et lorsqu'ils sont produits efficacement, la réalité virtuelle est un outil intéressant pour la médiation paysagère. Dans le cas des éoliennes, la restitution du déplacement est une problématique plus complexe que celle de la restitution visuelle et sonore.
- Les méthodes d'enquête sociale immersives, multisensorielles et basées sur le parcours utilisées dans le monde réel et virtuel sont non seulement un moyen efficace de récolte des données sensibles mais aussi un outil participatif et de discussion autour du paysage ;
- Les éoliennes apportent une nouvelle lecture et une nouvelle structuration de l'espace. Mais elles apportent surtout, en ce qui concerne la perception visuelle, une nouvelle échelle et une dynamique étendues spatialement. Les impacts des éoliennes sont incontestablement d'abord visuels.



---

**DEUXIEME PARTIE:**  
**Approche Méthodologique et**  
**Application au Site**

---



# INTRODUCTION

Cette deuxième partie de notre travail retrace les réflexions et les choix méthodologiques menés afin de mettre en place l'exécution de la problématique. Notre méthode immersive, multisensorielle et dynamique est à caractère empirique puisqu'elle s'appuie sur plusieurs enquêtes et expérimentations pour sa validation. Chaque expérimentation correspond à un niveau propre d'immersion et d'interaction dont le but est de justifier la nécessité de l'immersion et de l'interaction dans une approche paysagère sensible.

Tout d'abord, nous rappelons dans le 4 les limites des méthodes d'enquête actuelles sur le paysage sensible. C'est dans ce sens que nous proposons par la suite différentes méthodes immersives, intersensorielles et dynamiques de l'espace urbain afin de justifier notre choix pour ce type de méthode dans la partie expérimentale : la méthode des « parcours commentés » – habituellement utilisée dans un contexte urbain – est discutée dans son utilisation dans un contexte paysager rural. Ensuite, afin d'analyser nos données d'enquête, nous nous intéressons aux outils d'analyse des données sensibles ; dont essentiellement les méthodes d'analyse des discours. Ces méthodes sont quantitatives et/ou qualitatives ce qui permet d'avoir une diversité de modes d'analyse. Enfin, nous présentons pour conclure notre schéma méthodologique afin de déterminer les potentialités de la RV comme outil d'étude sensible du paysage. Cette méthodologie se base sur la comparaison de perceptions récoltées d'un parc éolien réel avec ceux récoltées du parc homologue virtuel.

Dans le 5, nous allons fixer notre protocole expérimental pour appliquer la méthodologie exprimée dans le 4. En premier lieu, un parc éolien proche de notre situation géographique est choisi pour notre investigation et une approche d'exploration personnelle a été ensuite nécessaire pour choisir les parcours à étudier. En deuxième lieu, l'étude sensible *in situ* est présentée, elle met en forme le protocole d'enquête sur site constitué de deux enquêtes l'une « non immersive » (les entretiens) et l'autre « immersive » (les parcours commentés). En troisième lieu, l'étude sensible *in vitro* est présentée, elle met en place d'une part, la conception du système de RV et ses différentes étapes de modélisation, de protocole immersif et de protocole interactif ; et d'autre part, le protocole expérimental suivi *in vitro* et qui est assez proche de celui *in situ*.



## Chapitre

# 4

# VERS UNE METHODE IMMERSIVE, MULTISENSORIELLE ET DYNAMIQUE POUR L'ETUDE DU PAYSAGE

## 4.1 Introduction

Les méthodes utilisées pour évaluer l'expérience sensible du paysage sont essentiellement les questionnaires et/ou les entretiens (cf. paragraphe 1.3.2). Or dans le paragraphe 1.1.3, nous avons vu que l'expérience paysagère est immédiate, intersensorielle et dynamique :

- « Immédiate » dans le sens où le paysage construit est vécu par l'observateur ; nous pensons donc qu'il faut favoriser les études d'analyse immersives quand cela est possible. Le regard de l'observateur sur site est exhaustif, sa perception est globale (intersensorielle) et sélective (selon des critères personnels) et ses jugements sur l'espace sont immédiats. « *Sur le terrain, on peut entendre et sentir. La visite sur le terrain est la seule à ne pas succomber à l'impérialisme du visuel. A contrario, choix de l'itinéraire, choix du point de vue (détails visibles ou invisibles, vue complète ou morcelée), choix du mode de déplacement (à pied, en voiture),... peuvent influencer, limiter la perception du paysage* » [Joliveau 2004] ;
- « Intersensorielle » dans le sens où le paysage n'est pas seulement visuel, sonore, olfactif, etc. mais qu'il résulte aussi de l'interaction des sens ; nous pensons donc que la coexistence sensorielle favorise de meilleures informations sensibles. C'est dans ce sens que les travaux sur la perception sonore se sont développées tels que ceux d'Augoyard [1998] en France ou ceux d'Anderson [1983], Kawai [2004] et Ge [2005] dans le contexte international. Cependant, peu de travaux se font sur les liens qui nourrissent la perception visuelle et sonore (ex. : [Carles *et al.* 1999] ; [Pheasant *et al.* 2006]) ou sur d'autres sens (perception olfactive (ex. : [Balez 2000]). Toutes ces recherches sont faites essentiellement en milieu urbain ;
- « Dynamique et interactive » dans le sens où le paysage n'est pas statique et n'est pas perçu d'un point de vue limité et unique ; il suscite une action de la part de son observateur. Nous pensons donc que la dimension spatio-temporelle du paysage et de l'observateur est une condition sine qua non pour expérimenter le paysage. Ormaux [2005] relève même différentes postures d'observateur à étudier dans un projet paysager : le *traverseur* est de passage, emprunte les grands axes et reçoit l'information visuelle à grande vitesse ; le *contemplateur* consomme du paysage avec une vision statique et panoramique ; l'*excursionniste* (ou le promeneur) s'immerge dans le paysage, circule lentement et imprègne son regard d'informations ; l'*incursionniste* (ou le randonneur) expérimente le paysage au long de son

itinéraire, par ses différents sens et par le mouvement de son corps. « *L'intégration des cheminements et des séquences possibles à la réflexion sur le paysage est déjà une manière d'aborder sa dimension temporelle, une dimension qui, comme celle de l'espace, concerne aussi bien les mécanismes de production du paysage que la sphère du visible et bien sûr la construction culturelle du regard paysager* » [Ormaux 2005].

C'est dans ce sens que les approches urbaines se développent afin d'appréhender la complexité de l'espace urbain. Certaines de ces méthodes sont proposées dans ce qui suit. Leurs potentialités et limites sont étudiées afin de nous aider à construire notre approche paysagère immersive, intersensorielle et dynamique dans un contexte rural.

## **4.2 Méthodes urbaines immersives, multisensorielles et dynamiques pour l'évaluation du paysage rural**

Pour une expérience paysagère immersive, multisensorielle et dynamique nous avons besoin d'une méthode d'analyse du même type. Les caractéristiques principales de cette méthode sont l'immersion, la multi ou l'intersensorialité et le mouvement ; elles sont toutes relatives à l'observateur dans sa relation directe avec l'environnement. C'est la théorie écologique de la perception [Gibson 1986] qui a été initiatrice de cette approche interactive entre l'observateur et son espace ; elle affirme que toute l'information est disponible dans l'environnement et la tâche du système perceptif est de détecter directement l'événement spécifié dans l'information disponible. La mise en contexte de la perception est donc une nécessité dans l'approche écologique parce que le contexte agit par ses ambiances et ses formes en modelant la perception et en influençant le comportement de l'observateur. Thibaud *et al.* [1998] distinguent deux types de descriptions selon les formes spatiales :

- *La description en situation arrêtée* est adaptée à des espaces de type place ou carrefour. Ce sont des espaces qui se prêtent à des observations panoramiques ;
- *La description en situation de déambulation* est adaptée à des espaces de type « rue ». Ce sont des espaces qui se prêtent à des observations flâneuses. Ce type de description est en générale de nature séquentielle mettant en jeu simultanément trois actions : marcher / regarder / (d)écrire.

La description en situation de déambulation nous semble plus intéressante pour notre travail grâce à son approche séquentielle. En effet, le déplacement renouvelle les séquences spatiales ; chaque nouvelle séquence est susceptible de donner de nouvelles informations qui seront intéressantes à analyser pour définir l'espace sensible. L'espace public est l'espace de prédilection de la déambulation. Il est, par définition, l'expression de sociabilité, de partage et de proximité car il favorise les interactions des personnes qui l'habitent ou le fréquentent régulièrement. Cette proximité implique une certaine capacité de déplacement de la part des individus dont la marche à pied est l'expression la plus ordinaire.

C'est entre autres, à travers la marche que notre rapport à l'espace se matérialise et se transforme. « *Par les fortes relations qu'elle instaure entre les piétons et leur environnement, la marche à pied maintient une certaine homogénéité spatiale, reliant les territoires et créant des liens entre les*

*différents espaces. La marche agit en faveur d'une certaine cohésion* » [Piombini 2006]. C'est pour cela que nous n'allons pas aborder le déplacement automobile par exemple ; il déstructure l'espace [Piombini 2006], il est trop rapide pour la contemplation du paysage rural (beaucoup d'informations sensibles en peu de temps) et il pose le problème du cadrage du paysage (fenêtre de la voiture) et celui de la concentration du conducteur sur sa conduite plutôt que sur le paysage. « *Quand je marche, mes idées marchent avec moi* » disait Montaigne (cité dans [Petiteau *et al.* 2001]). Mouvement et transition à la fois, la marche « *résiste à toute approche statique, objectivante et unidimensionnelle. Plutôt que de la réduire à un objet clairement délimité, il est préférable d'en varier les angles d'attaque en la considérant tour à tour comme un élément d'analyse de l'expérience ordinaire des citoyens, un enjeu d'aménagement des espaces publics, un instrument d'intervention artistique en milieu urbain, un thème d'orientation méthodologique donnant corps aux terrains d'étude* » [Thibaud 2008].

Depuis plusieurs dizaines d'années, les sciences humaines et sociales s'intéressent beaucoup au point de vue de l'observateur « marcheur » ([Moles *et al.* 1998], cf. Section 4.2) ; ils ont donc effectué un retour vers le « terrain » pour y étudier la mobilité urbaine. Il s'agissait de réintroduire l'action comme une composante fondamentale et incontournable de la vie sociale. Autrement dit, l'un des principaux objectifs était de comprendre le déroulement des situations de tous les jours en les dotant de sens [Thibaud *et al.* 1998]. « *Différentes des approches de laboratoire, les approches expérimentales in situ favorisent la mise en contexte du sujet et de ses actions au détriment du strict contrôle des conditions de l'expérimentation. Elles apparaissent donc mieux adaptées aux travaux ayant une vocation exploratoire qu'à ceux à étudier et à quantifier certains phénomènes perceptifs précis et identifiés* » [Saby 2007]. En effet, les recherches *in situ* sur la mobilité pédestre urbaine sont, depuis quelques années, marquées par un fort dynamisme grâce à leur potentiel de contextualisation et d'évaluation qualitative des phénomènes perceptifs. La mobilité durable est aujourd'hui au cœur des problématiques paysagères urbaines.

Toutefois, au niveau de l'espace rural, les études sur la mobilité pédestre et/ou sur le comportement d'un observateur en action sont limitées. Les visites *in situ* d'un groupe de personnes qui sont parfois élaborées pour analyser le paysage ou pour la médiation paysagère ne sont pas représentatives d'une méthode immersive multisensorielle et dynamique parce que l'observateur n'est pas suivi pas à pas dans sa perception et surtout parce qu'il y a un « effet de groupe » qui influence la perception des uns et des autres. Beaucoup de chercheurs sur le paysage tels que Molnar (cité dans [Bishop *et al.* 2001]) ont pourtant affirmé que le libre mouvement interactif est nécessaire pour l'évaluation d'un paysage et que les valeurs paysagères d'usagers en mouvement révèlent leurs choix et comportements spatiaux. Ils donnent ainsi certaines « lignes » de conduite objectives qui peuvent être utilisées en amont de certaines études par la suite telles que la modélisation d'agents autonomes dans un contexte paysager [Loïteron *et al.* 2005].

C'est pour cela que nous pensons que l'immersion, l'intersensorialité et le mouvement qui ont montré leur potentiel d'évaluation qualitative dans l'espace urbain sont capables d'avoir le même potentiel dans un contexte rural. Les méthodes d'analyse urbaine basées sur le parcours sont transposables dans le paysage rural et sont capables d'étudier la perception en mouvement. La méthode des croquis séquentiels (non-immersive et mono-sensorielle) de Lynch [1960] a évolué aujourd'hui vers l'immersion. Que ce soit les « itinéraires » ([Petiteau *et al.* 2001], [Zacharias 2006]) le « wayfinding protocol » [Passini 1984], « les trajets-voyageurs » [Levy 2001] ou « les parcours commentés » ([Thibaud 2001], [Tahrani 2006]), l'immersion, l'intersensorialité et la déambulation *in situ* sont utilisées dans toutes ces méthodes afin de mettre en valeur la perception en mouvement

et de l'évaluer. Nous allons développer dans ce qui suit ces méthodes basées sur le parcours en nous focalisant par la suite essentiellement sur la méthode que nous allons utiliser dans notre approche pragmatique du paysage : la méthode « des parcours commentés ». Enfin, nous essayerons de discuter son application dans le contexte rural et éolien.

### **a/ Méthodes basées sur le parcours : « les itinéraires » et le « wayfinding »**

Notre rapport à l'espace évolue suivant nos propres représentations socioculturelles mais aussi suivant les composantes spatio-sensibles qui s'offrent à nos sens. Quand ce rapport à l'espace se matérialise dans le parcours, il se construit toujours sous l'effet des éléments du contexte (formes spatiales, facteurs physiques, ambiances) et ceux de la situation de l'observateur (point de vue à l'instant *t*, filtres perceptifs et culturels, etc.). Les méthodes présentées ici s'accordent toutes pour dire que le parcours agit comme un révélateur d'objets. La vraie difficulté de ces méthodes est plutôt la « mise en parole » de la perception en mouvement : est-elle un bon moyen pour révéler une perception de nature endogène et inexprimable par la parole ? La verbalisation de la pensée de l'utilisateur n'est pas récente. Levy [2001] qui utilise cette technique du « penser tout haut » pour ses « trajets-voyageurs » rapporte qu'elle est très pratiquée depuis Newell et Simon (cité dans [Levy 2001]). Les critiques faites à cette méthode consistent dans le fait qu'il est artificiel et difficile de verbaliser ses pensées (la perception est biaisée par cette verbalisation) ; mais il est encore plus difficile de saisir l'importance de ces biais. Malgré ses limites, l'abondance et la diversité des données sensibles récoltées de la verbalisation fait que c'est une méthode très pratiquée pour saisir les représentations et les actions des usagers et pour « contextualiser » les événements d'un parcours. Analyser la parole habitante revient aussi à reconnaître le discours comme témoignage de confiance, c'est-à-dire à supposer que l'interlocuteur est spontané et sincère.

Les méthodes basées sur le parcours ont pour but de faire une lecture subjective de l'espace public qui pourrait être utile par la suite aux aménageurs : intégrer les caractéristiques subjectives dans la conception spatiale. Nous avons choisi de citer parmi ces approches, la méthode des « itinéraires » dans le contexte français et le « wayfinding » dans le contexte canadien et américain. Par la suite, nous nous intéresserons plus précisément à la méthode des « parcours commentés ».

**La méthode des « itinéraires »** a été développée par Petiteau [Petiteau *et al.* 2001]. Pour cette méthode, la lecture de l'espace public est indissociable de la notion de parcours et l'enquêteur est son propre guide. Il est rencontré à l'endroit qu'il choisit – selon la thématique de la recherche et le quartier étudié – afin d'emmener l'enquêteur dans une promenade personnelle (selon ses propres critères émotionnels). Il traduit en parole ses choix de parcours, argumente l'espace et laisse s'exprimer ses souvenirs. Les commentaires enregistrés par l'enquêteur sont par la suite analysés.

La méthode des « itinéraires » est pertinente pour notre étude en espace rural, elle pourrait correspondre à notre objectif de mettre l'utilisateur au premier plan : laisser la personne guider le chercheur dans les endroits qui l'ont marqué permettra de dégager les ambiances du paysage. Cette approche est plus facile à mener *in situ* que dans le virtuel parce que 1/ la liberté de navigation de l'observateur nécessite la modélisation d'une grande surface ce qui peut rendre difficile le temps-réel ; 2/ généralement les utilisateurs préfèrent être « encadrés » dans l'espace, ils peuvent se sentir perdus surtout dans le monde virtuel ce qui peut desservir notre enquête [Tahrani 2006] ; et 3/ la redondance des réponses est nécessaire pour caractériser un espace ; plus l'espace est limité et précis plus la redondance est efficace avec un nombre limité de personnes.

Le « **wayfinding** » peut se traduire par « trouver son chemin ». Cette méthode d'exploration de l'espace urbain a été développée par le canadien Passini [1984]. Elle montre que la compréhension de l'espace est nécessaire pour pouvoir saisir sa complexité, mieux l'organiser et éviter la confusion de l'observateur. Le « wayfinding » est un des processus cognitifs qui permettent à l'observateur de dessiner son « plan cognitif » de l'espace et de s'y orienter. En mouvement, il est difficile pour l'observateur de reconnaître un espace uniquement par ses formes, les points de repère l'aident à identifier les formes et à les situer dans sa mémoire cognitive. Pour Passini, l'exploration d'un nouvel espace par l'observateur commence par un « balayage » visuel de l'environnement afin de repérer les importants espaces et objets (points de repère). Ensuite, l'observateur continue de structurer sa connaissance spatiale et de créer des relations entre les différents objets qui composent son environnement ; ceci lui permet de s'y déplacer dans le but d'atteindre sa destination. Enfin, pendant son déplacement, progressivement d'autres informations spatiales seront ajoutées à sa première reconnaissance spatiale ; ainsi, il constitue une image mentale globale de son espace. Ces trois séquences de reconnaissance spatiale interfèrent entre elles et se structurent autour du parcours.

La méthode du « wayfinding » s'adresse plus à un contexte urbain. Elle est moins pertinente pour notre travail en espace rural car notre objectif n'est pas de s'orienter et de « trouver un chemin » dans le paysage. Au contraire, chercher un chemin ou une destination dans l'espace enlève de la concentration à l'observateur et correspond moins à l'attitude d'un « promeneur » qui est plus contemplatif du paysage. Cette dernière option nous semble à même de donner plus de résultats sur les impacts.

## **b/ La méthode choisie : « les parcours commentés »**

La méthode des « parcours commentés » a été introduite par Thibaud [Thibaud 2001] afin de mettre en évidence la relation de l'observateur avec son espace physico-sensible (contextualiser) et de caractériser sa perception dans l'espace public car « nous n'apercevons pas tout ce qui se présente à nos sens mais seulement ce à quoi nous pouvons donner une forme » [Thibaud 2001]. Il s'agit de *mettre la parole en marche* grâce à trois activités simultanées « marcher, percevoir et décrire » afin d'obtenir des comptes-rendus de perceptions en mouvement qui donneront des hypothèses sur les ambiances du lieu. C'est une approche *in situ* des ambiances urbaines où l'enquêteur demande à un piéton de l'accompagner dans un parcours en ville. Le piéton doit décrire ses impressions au fur et à mesure du parcours. Les discours sont enregistrés et analysés par la suite. Leur analyse permet d'identifier la sensibilité propre de chaque usager ainsi que la qualité des composantes et des phénomènes urbains. La redondance et la récurrence des mêmes discours sur les mêmes phénomènes caractérisent la perception du lieu.

Les hypothèses de travail [Thibaud 2001] sont :

- *Une position endogène de l'ambiance* (enquêteur et enquêté) : la perception interagit avec le cadre où elle se trouve et avec l'action ou les actions en cours ;
- *Lier perception et langage* : il est nécessaire de verbaliser la perception et de s'interroger sur la description de celui qui perçoit ;
- *La motricité de la perception* : le mouvement du percevant inclut non seulement le déplacement dans l'espace mais aussi sa façon de bouger, l'énergie qu'il dégage, sa posture, etc. Le mouvement participe à saisir la construction sensible de l'espace.

Les « parcours commentés » se déroulent en deux étapes ; une étape *in situ* pour la passation des enquêtes et une étape en laboratoire afin d'analyser les commentaires et de dégager les résultats :

- *Sur site* : l'enquêteur doit pousser le participant à décrire le maximum de phénomènes sensibles par rapport à des repères de l'espace (pour pouvoir contextualiser le discours) tout en le laissant le plus libre possible dans ses mouvements et dans ses descriptions. Le parcours ne doit pas dépasser les 20 minutes sinon le participant perd de sa concentration. Une vingtaine de personnes est nécessaire pour avoir des résultats satisfaisants.
- *Au laboratoire* : tout d'abord, la retranscription des enregistrements permet de matérialiser les parcours et dégager les redondances et les récurrences (comparer les modes d'appropriation de l'espace, comparer les descriptions selon l'orientation spatiale et les circonstances temporelles, confronter les points de vues des personnes sollicitées, « *saisir les convergences au-delà des différences* » [Thibaud 2001]). Ensuite, il faut recomposer les descriptions dans une *traversée polyglotte* : il s'agit de recomposer les parcours par le récit à l'aide d'un collage de fragments à partir des discours des usagers qui ont perçu les mêmes phénomènes (dans une même logique de cheminement). Il faut constituer deux colonnes : le récit et un 'guide de lecture' des phénomènes sensoriels repérés (les hypothèses sur les ambiances du lieu). Enfin, dans une dernière étape, l'investigateur doit contextualiser les phénomènes sensibles en retournant sur le terrain avec une inversion du processus « observation → description ». Il s'agit alors de situer les descriptions des usagers par rapport aux observations *in situ*.

Levy [2001] cite quelques limites de la méthode des « parcours commentés » :

- La personne sollicitée est accompagnée par l'enquêteur, cette présence peut influencer son comportement, sa perception et/ou ses commentaires ;
- Le temps mis pour faire le trajet n'est pas le même pour un promeneur seul ou avec l'enquêteur surtout s'il est pressé. Il ne prendrait peut-être pas le temps de faire attention à ces sens et à sa perception. Expliciter ses choix lui prend aussi du temps ;
- La verbalisation des choix et des actions sont parfois floues ou incomplètes. L'utilisateur n'est pas habitué à exprimer ce qu'il est habitué à faire en silence et sans réflexion consciente.

Nous avons choisi cette méthode malgré ses limites parce qu'elle correspond le plus à nos objectifs. Outre ses potentialités immersives, intersensorielles et dynamiques, elle s'intéresse à un parcours qui peut être prédéfini ce qui facilite la caractérisation et la contextualisation du parcours ; elle permet à l'observateur de se concentrer sur sa promenade et sur les objectifs de l'enquête ; et c'est une méthode qui a déjà été éprouvée *in vitro* dans un système de RV [Tahrani 2006]. Nous résumons dans le Tableau 8, les différentes approches urbaines que nous avons abordées ainsi que leur degré de pertinence pour notre travail :

Auteur	Méthode	Caractéristiques	Intérêts pour notre recherche	
			Avantages	Inconvénients
Peititeau et al. 2001	Itinéraire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Spontanéité de l'utilisateur, c'est lui qui dirige l'enquête (se promener dans un quartier précis)</li> <li>- Lier « marcher et percevoir » (dynamique de la perception)</li> <li>- Perception intersensorielle <i>in situ</i></li> <li>- Evaluation qualitative de la perception</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Immersion, intersensorialité et perception en mouvement</li> <li>- Perception immédiate</li> <li>- Verbaliser la perception</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comment objectiver un nombre important d'itinéraires (problème de redondance) ?</li> <li>- Espace trop étendu <i>in vitro</i> : peut limiter le temps-réel</li> <li>- Les utilisateurs ont besoin de guide</li> <li>- La présence de l'enquêteur influence l'enquête</li> <li>- Le temps mis pour faire le parcours n'est pas le même si l'enquêteur était seul</li> </ul>
Passini 1984	Wayfinding	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Spontanéité de l'utilisateur, c'est lui qui dirige l'enquêteur (partir du point A pour atteindre le point B)</li> <li>- Lier « marcher et percevoir » (dynamique de la perception)</li> <li>- Perception intersensorielle <i>in situ</i></li> <li>- Evaluation qualitative de la perception</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Immersion, intersensorialité et perception en mouvement</li> <li>- Perception immédiate</li> <li>- Verbaliser la perception</li> <li>- Elle a fait ses preuves dans les environnements virtuels [Darken et al. 1996]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'utilisateur perd de sa concentration perceptive s'il doit chercher à rejoindre un point B inconnu dans l'espace</li> <li>- La présence de l'enquêteur influence l'enquête</li> <li>- Le temps mis pour faire le parcours n'est pas le même si l'enquêteur était seul</li> </ul>
Thibaud 2001 ; Tahrani 2006 ; Levy 2001	Parcours commentés, trajet-voyageurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'enquêteur guide l'enquête dans le parcours prédéfini, celui-ci le commente</li> <li>- Spontanéité de l'utilisateur</li> <li>- Lier « marcher et percevoir » (dynamique de la perception)</li> <li>- Perception intersensorielle <i>in situ</i></li> <li>- Evaluation qualitative de la perception</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Immersion, intersensorialité et perception en mouvement</li> <li>- Perception immédiate</li> <li>- Verbaliser la perception</li> <li>- Elle a fait ses preuves dans les environnements virtuels [Tahrani 2006]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La présence de l'enquêteur influence l'enquête</li> <li>- Le temps mis pour faire le parcours n'est pas le même si l'enquêteur était seul</li> </ul>

Tableau 8 : Synthèse des méthodes d'analyse urbaines *in situ*

### c/ Application de la méthode immersive urbaine au paysage rural :

La méthode des « parcours commentés » peut être appliquée à un contexte rural principalement parce que les parcours de promenade existent aussi dans le milieu rural, ils sont empruntés par les habitants et les visiteurs pour se promener ou pour atteindre un objectif. Pourtant les caractéristiques de l'espace public urbain sont différentes de l'espace public rural :

- La fréquentation de l'espace urbain du point de vue piéton et moyen de transport est généralement plus dense et agitée que dans l'espace rural clairsemé et calme ;
- L'espace urbain est « encombré » par le mobilier urbain, la végétation, le trafic, etc. ; alors que l'espace rural est généralement « vide » à part quelques habitations et la végétation. Dans le cas des éoliennes, la perception va être focalisée sur ces seuls objets verticaux (c'est le cas de la région Ouest française) ;

- Les formes spatiales urbaines sont plus riches et complexes (lignes droites, couleurs, textures, relief) que celles rurales plus simples et lisibles (lignes courbes, couleurs « naturelles » et textures végétales) ;
- L'espace urbain est généralement fermé du point de vue de la perspective et de l'espace alors que l'espace rural est généralement plat et dégagé ce qui donne un champ de vision étendu horizontalement et verticalement.

Toutes ces divergences font que la relation « espace construit / observateur » est plus complexe dans un milieu urbain que rural ; par conséquent la perception – qui est tributaire de l'espace – est différente. D'après les caractéristiques épurées de l'espace rural, nous pensons que la perception sera plus simple et précise, mais ce qui veut dire aussi qu'elle suscitera moins la parole. Ce point de vue peut être un atout et un inconvénient pour notre approche paysagère des éoliennes : un atout parce que la perception sera focalisée sur les éoliennes et donc nous aurons beaucoup d'informations sensibles sur notre sujet d'étude ; et un inconvénient parce que le participant risque de s'ennuyer voire de s'agacer dans un paysage qui n'offre pas beaucoup de variété. Il s'agit donc de s'inspirer de la méthode des parcours commentés tout en l'adaptant aux besoins spécifiques de notre étude : a priori, nous pensons que la participation de l'enquêteur sera plus conséquente dans un contexte rural, il interviendra plus pour susciter la parole.

### 4.3 Méthodes d'analyse des résultats

Notre méthode d'enquête est qualitative dans sa démarche, dans ses résultats et dans l'analyse de ses résultats. Nous essayerons de faire exprimer oralement (parcours commentés) et par écrit (questionnaires) les usagers sur leur perception ; ce qui nécessite des outils d'analyse de texte et/ou de discours. L'*analyse du contenu* et/ou l'*analyse du discours* sont les méthodes « maîtresses » de l'analyse des textes. Elles sont développées depuis les années 50-60 en Europe et aux Etats-Unis et ont l'avantage d'être pluridisciplinaires car elles croisent différents champs disciplinaires tels que la sociologie, la philosophie, la psychologie, l'informatique, les sciences de la communication et la linguistique ; ce qui peut enrichir notre analyse de la perception verbalisée. Elles offrent un choix multiples d'approches qui vont du quantitatif au qualitatif :

- Les méthodes quantitatives : nous pouvons citer les *méthodes de traitement des données* telles que la méthode du « différentiel sémantique » ou celle de « l'abaque de Régnier » [Moles 1995] utilisées essentiellement dans les questionnaires afin d'étudier des typologies de personnes (influence du sexe, de l'âge, de la profession, etc.) ou d'espaces (exemple : ouvert/fermé ; lumineux/sombre). D'autres méthodes telles que la *statistique linguistique* [Robert *et al.* 2002] sont des méthodes syntaxiques qui quantifient les mots (le contenu) et leur donnent plus de valeur que leur occurrence (contenant). Ces méthodes demandent un nombre important de résultats et donc d'enquêtés (les parcours commentés sont lourds à mettre en place ce qui limite le nombre de participants) ;
- Les méthodes qualitatives : nous pouvons citer l'*analyse conversationnelle* développée par Sacks [1992] ou l'*analyse d'entretien* [Robert *et al.* 2002] (les parcours commentés sont une sorte d'entretiens libres). Ces méthodes peuvent se faire manuellement (comme dans notre cas) ou avoir recours à des logiciels informatisés (désignés par l'acronyme CAQDAS : Computer-Assisted Qualitative Data Analysis Software) [Lejeune 2004]. Elles ont souvent recours à un petit échantillon d'enquêtés, « en cherchant dans le contenu moins de fréquences

que des présences ou des absences de thèmes, et leur possible signification » [Robert *et al.* 2002].

- Les méthodes qualitatives et quantitatives : les deux approches peuvent coexister et s'enrichir. C'est ce que nous essayons de faire en proposant les parcours commentés suivis par des questionnaires.

Bien qu'elles se ressemblent beaucoup, une distinction majeure est à faire entre l'*analyse de contenu* et l'*analyse du discours*. La méthode d'*analyse de contenu* cherche à étudier une parole, une personne, ce qu'elle dit et non pas les conditions idéologiques de ce qu'elle dit [Ghiglione *et al.* 1998] : le contenu et la structure du texte sont les seuls paramètres étudiés. Tandis que la méthode d'*analyse du discours* est une approche qualitative et quantitative qui s'intéresse aux concepts, à la linguistique et à l'organisation narrative des discours qu'elle étudie. En plus de l'étude du texte et des relations syntaxiques entre les composants d'une phrase, elle met en relation le contexte et le contenu du discours oral ou écrit. Pour nos objectifs de caractérisation et de contextualisation de la perception verbalisée, cette méthode est la plus intéressante : le rapport du discours à celui qui le tient, à ce dont il parle. La spécificité de l'*analyse du discours* tient à ce que la personne qui parle n'est pas universelle mais a une formation idéologique (filtres culturels et sociaux) qui participe au discours [Ghiglione *et al.* 1998] : le contenu et le contexte du discours sont étroitement liés.

L'*analyse de discours* a été développée en sciences sociales depuis les années 60. Elle a été au départ développée pour l'étude de textes ; dans notre cas, elle sera utilisée pour l'étude des commentaires des usagers. Ses différentes étapes sont :

- Constitution des discours à analyser : les documents et/ou des discours à analyser sont généralement sélectionnés en adéquation avec un objet de recherche déterminé. Les textes utilisés peuvent provenir de nombreuses sources : livres d'auteurs, transcription d'entretiens ou de discours, de conversations, dialogues de films, etc.
- Lecture/Classification/Interprétation : Selon Ghiglione *et al.* [1998], un texte renvoie à trois questions fondamentales : quoi (que dit-il ?), comment (comment le dit-il ?), pourquoi (pourquoi le dit-il ?). Cette étape a pour but de répondre à ces trois interrogations. Durant la lecture du texte (quoi ?), le chercheur procède à une analyse avec grille de lecture des contenus thématiques (repérage thématique des mots employés). C'est ce qui lui permet la classification du discours sous des catégories ou thèmes – en rapport avec sa recherche ou liés au contenu du texte –. Cette classification est une première interprétation du discours (comment ?). La deuxième interprétation consiste à analyser les textes dans leur propre thème en les reliant au contexte (pourquoi ?) : c'est une analyse plus poussée du discours.

Dans la méthode des parcours commentés de Thibaud [2001], l'analyse des comptes-rendus de perception en mouvement est aussi une *analyse du discours* qui « consiste moins à classer les objets perçus lors du parcours (que perçoit-on ?) qu'à examiner les façons de dire ce que l'on perçoit (comment perçoit-on ?) » [Thibaud 2001]. Dans ce sens, le discours oral et les manières de décrire (les silences, les hésitations, la manière de dire la chose, etc.) sont plus complexes à analyser qu'un texte écrit mais aussi plus riches. De plus, notre analyse porte sur la perception située ce qui suppose une lecture et une classification du discours selon les modalités sensorielles (caractérisation de la perception visuelle, sonore, olfactive, etc.) et selon les contextes sensoriels (association espace-modalités sensorielles). « Ces composantes descriptives ne sont pas indépendantes les unes des autres, elles correspondent plutôt à divers registres de l'expérience in situ. Dans la mesure où elles

se rapportent à un même site, chacune d'elle complète les autres en offrant une déclinaison possible du champ pratico-sensible » [Thibaud 2001].

## 4.4 Conclusion : Schéma méthodologique

Nous rappelons tout d'abord notre objectif général dans cette recherche : construire une méthode immersive, multisensorielle et dynamique pour l'étude sensible du paysage à travers les techniques de la réalité virtuelle. Ceci implique, comme nous l'avons évoqué dans la conclusion de la première partie, la restitution des perceptions et représentations paysagères dans le virtuel. Nous proposons d'étudier la restitution en comparant une expérience paysagère du monde réel à son homologue du monde virtuel. Les perceptions *in situ* et *in vitro* vont être dégagées grâce à des enquêtes dans les deux mondes en utilisant la méthode « des parcours commentés » qui favorise l'immersion, l'intersensorialité et le mouvement. Comme notre approche est empirique et expérimentale, plusieurs enquêtes *in situ* et *in vitro* vont être éprouvées. Elles ont toutes pour but l'identification de l'expérience paysagère, en d'autres termes, la caractérisation et la contextualisation (interaction « observateur-espace ») des perceptions :

- *Enquêtes in situ* : Une enquête non-immersive et non interactive grâce à des entretiens libres (perception mémorisée ou remémorée) et une enquête immersive et interactive grâce à la méthode des « parcours commentés » (perception immédiate ou instantanée) sont élaborées sur site puis leurs résultats sont comparés afin de mettre en valeur les avantages de l'immersion, de la perception en mouvement et de la contextualisation des perceptions (avec/sans contexte) et de valider la méthode des parcours commentés dans un contexte rural (6).
- *Enquêtes in vitro* : la restitution est très liée aux dispositifs d'immersion et d'interaction mis en place *in vitro* (hypothèse de travail). Afin de comprendre l'influence de ces dispositifs sur l'utilisateur et l'expérience paysagère d'un côté et pour rendre compte de la nécessité de l'interaction temps-réel dans l'étude du paysage d'un autre côté, trois expérimentations immersives sont réalisées dans le monde virtuel ; elles diffèrent par leurs modes d'interaction : une première expérimentation sans interaction, une deuxième expérimentation où l'interaction se déroule grâce à une Wiimote (stimulation visuelle du déplacement) et une troisième expérimentation où l'interaction se déroule grâce à un vélo (stimulation visuelle et physique du déplacement). La comparaison entre les trois enquêtes évalue les potentialités de l'interaction dans la restitution de l'expérience paysagère et des impacts (dans le cas des éoliennes) (7).

Dans la Figure 39, nous détaillons la démarche d'étude et d'analyse suivie dans quatre des cinq enquêtes (celles immersives et basées sur la méthode des parcours commentés). Elle est constituée de trois parties, les deux premières sont réalisées avec l'enquêté et la dernière partie est réalisée seulement par l'investigateur :

- *1a/ L'étude subjective spontanée* : elle concerne les parcours commentés. La perception immédiate du monde réel ou virtuel est verbalisée. Les commentaires récoltés sont analysés suivant les principaux éléments paysagers : les éoliennes (impact visuel et sonore) et les caractéristiques paysagères de l'espace. Dans les enquêtes *in vitro*, le discours permet aussi de déduire certains aspects et biais de l'application virtuelle.
- *1b/ L'étude subjective orientée* : suite aux parcours commentés, un questionnaire est proposé à chaque participant (Annexe 2a ; Annexe 3a ; Annexe 4a). Il met en valeur la perception

mémorisée du parcours ainsi que les caractéristiques qui ont le plus marqué le participant pendant l'enquête. Ici l'analyse est statique mais elle permet d'avoir une idée rapide et générale sur les résultats par rapport à ceux déduits des commentaires. Les questions s'organisent autour de 4 thèmes : 1/ le paysage : attraction visuelle et sonore dans le parcours ; 2/ les éoliennes : impacts visuel et sonore ; 3/ parcours séquentiel : la représentation et l'organisation spatiale du parcours selon la mémoire du participant ; et 4/ le système de RV : ce thème est intégré dans les questionnaires des expériences virtuelles. Afin de prendre l'avis des participants sur la modélisation et les dispositifs immersifs et interactifs mis en place.

- 2/ *Le croisement des résultats* : l'objectif de nos enquêtes est la caractérisation et la contextualisation des perceptions. La caractérisation met en valeur le point de vue de l'observateur tandis que la contextualisation traduit le lien entre la perception et son contexte spatial. Un croisement est donc nécessaire entre ces résultats afin de mettre en relief l'interaction « observateur-espace » et tous les aspects qui y participent ou qui l'influencent.

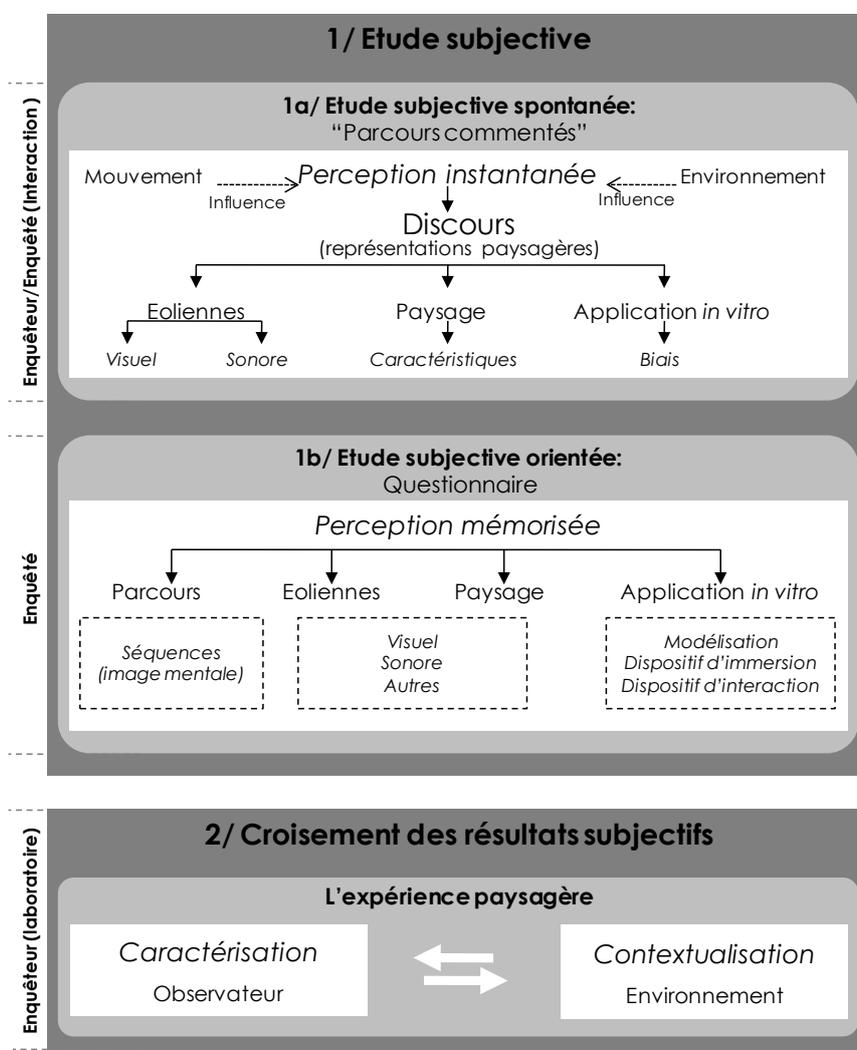


Figure 39 : Démarche d'étude proposée pour les enquêtes immersives *in situ* et *in vitro*

Le 8 fera l'objet d'une triple discussion. Une première discussion s'interrogera sur la méthode d'enquête (parcours commentés et questionnaires) et son application au contexte virtuel. Une deuxième discussion s'interrogera sur la restitution de l'expérience paysagère des éoliennes par la réalité virtuelle. Nous y discuterons la caractérisation et la contextualisation des perceptions et des impacts dans les deux mondes, les conditions de restitution et les dispositifs que nous avons mis en place pour répondre à notre problématique. Une troisième discussion est une synthèse où nous essayerons de généraliser les résultats pour le contexte paysager et discuter la validation de la méthode immersive, dynamique et multisensorielle basée sur les techniques de la réalité virtuelle pour l'étude du paysage et pour le processus de concertation.

La dernière partie de ce travail (Quatrième partie) est une synthèse de toutes les étapes abordées dans cette thèse et une mise en perspective de notre travail. Nous résumons notre méthodologie dans la Figure 40.

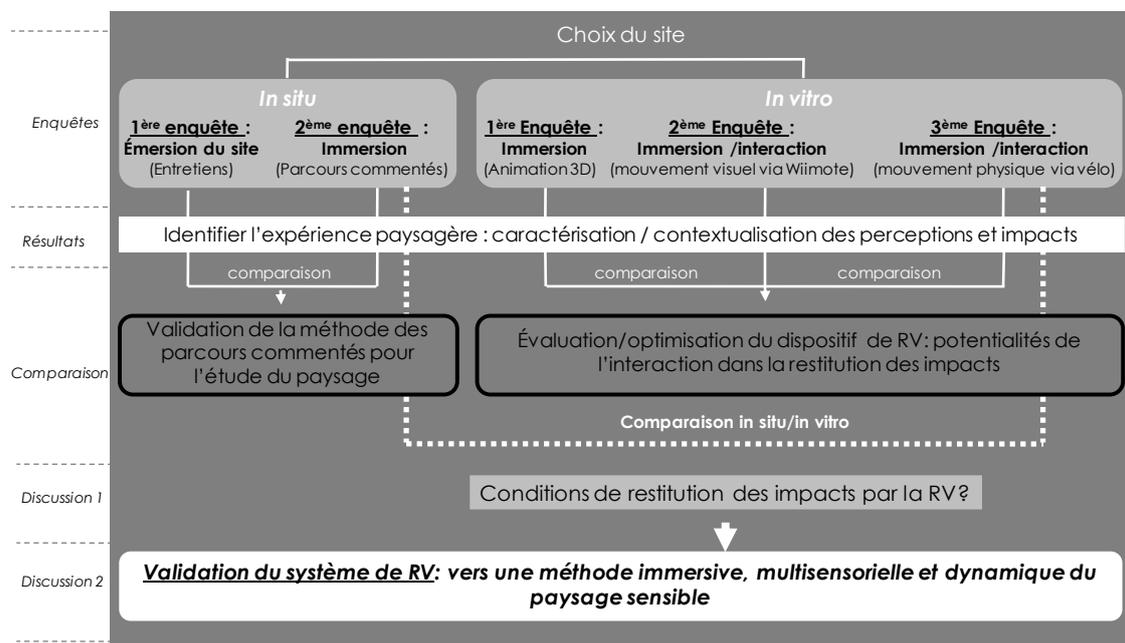


Figure 40 : Méthodologie pour la validation de la RV comme outil d'étude sensible du paysage

## Chapitre

# 5

# DEFINITION DU SITE ET DES PROTOCOLES EXPERIMENTAUX

Ce chapitre présente notre choix du site d'application et les protocoles expérimentaux correspondants *in situ* et *in vitro*. Il est constitué de trois grandes étapes :

- Tout d'abord, l'investigation d'un site éolien potentiel pour éprouver notre méthode paysagère. Cette étape nécessite la confrontation de notre regard de chercheur au site afin d'en faire une analyse objective et d'en sélectionner les parcours à étudier ;
- Ensuite, la démarche d'enquête de notre étude sensible *in situ* consiste à mettre en place les enquêtes (entretiens et parcours commentés) ;
- Enfin, la démarche d'enquête de notre étude sensible *in vitro* explique la mise en place des trois enquêtes avec différents degrés d'immersion et d'interaction (projection d'une animation 3D, interaction avec une Wiimote, interaction avec un vélo).

## 5.1 Site d'investigation : Parc de Plouguin

Notre situation géographique en Loire-Atlantique a joué un grand rôle dans notre choix de site. En 2005, les sites éoliens de l'Ouest français se développaient essentiellement en Bretagne et plus précisément dans le Finistère (aujourd'hui, la Bretagne et les Pays de La Loire comportent plusieurs parcs). En effet, la région est le deuxième potentiel éolien français et le département est le territoire le plus venté de la région. C'est pour cela que le Finistère était le terrain des premières expérimentations du programme Eole 2005 (cf. paragraphe 3.1.2) en 1999. L'idée que les habitants finistériens se sont habitués voire appropriés les éoliennes nous a aussi intéressée : pour certains, les éoliennes ne sont plus un nouvel objet dans le paysage mais elles sont désormais un objet du quotidien. En mai 2005, nous avons donc visité la totalité des parcs éoliens du Finistère (une dizaine) ; plusieurs critères nous ont aidés à choisir notre site d'étude : l'accessibilité au site pour les enquêtés, la proximité entre le parc et les habitations et le caractère conflictuel du site (contestation des habitants). Le site de Plouguin répondait à tous ces critères.

Plouguin se trouve à 20 km de Brest (Figure 41), à 7 km du Littoral et à 4 km de l'Aber Benoît (Figure 42). Elle compte 1955 habitants d'après le recensement de l'INSEE en 1999 (2050 habitants en 2007)<sup>8</sup>. Depuis plusieurs années, la commune voit augmenter le nombre de rurbains retraités ou

<sup>8</sup> Site INSEE : [http://www.insee.fr/fr/ppp/bases-de-donnees/recensement/resultats/chiffres-cles/n3/29/n3\\_29196.pdf](http://www.insee.fr/fr/ppp/bases-de-donnees/recensement/resultats/chiffres-cles/n3/29/n3_29196.pdf) (consulté le 14/09/2008)

actifs allant travailler quotidiennement à Brest. Ces populations sont à la recherche d'un plus grand logement (maison) et de plus de calme et de nature.



Figure 41 : Situation géographique de Plouguin par rapport à la plus proche grande ville (Brest) (source : carte touristique du Finistère)

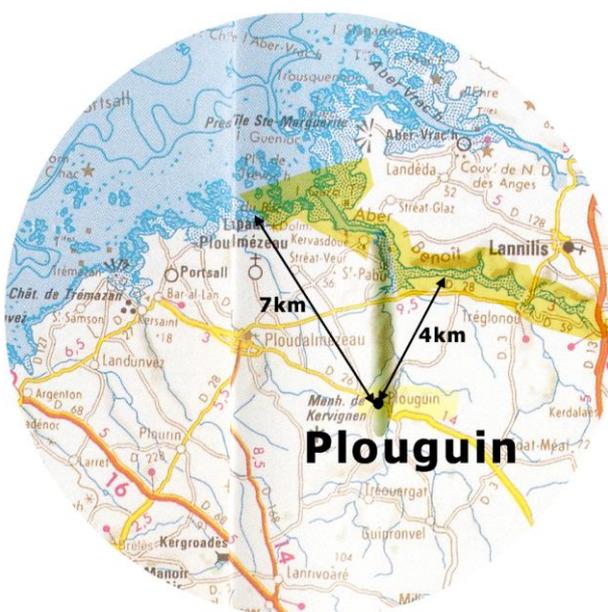


Figure 42 : Situation géographique de Plouguin par rapport au Littoral et à l'Aber Benoît (source : carte touristique du Finistère)

Deux parcs d'éoliennes sont implantés dans la commune de Plouguin : à l'est du bourg, le projet VSB<sup>9</sup> (5 éoliennes) était en cours de construction au moment de la première enquête (juillet 2005) et à l'ouest, le projet JUWI<sup>10</sup> (7 éoliennes) a été choisi pour notre étude (Figure 43) pour plusieurs raisons : 1/ le parc est accessible aux piétons (une route départementale proche et plusieurs chemins d'accès aux hameaux environnants le parc), 2/ plusieurs habitations proches entourent les éoliennes (certaines sont à moins de 500m de distance) ce qui renforce le rapport des habitants au site, et 3/ un contentieux entre les riverains (soutenus par des associations anti-éoliennes) et l'opérateur du parc a conduit l'affaire en justice et a provoqué l'arrêt du chantier pendant quelques mois pour « absence de mise à disposition du public de l'étude d'impact » (novembre 2003). Les vents dominants au Nord Finistère sont ouest/sud-ouest, ce qui suppose d'après la Figure 43 que les hameaux de Tréouré et de Kervavic sont les plus exposés aux nuisances sonores.

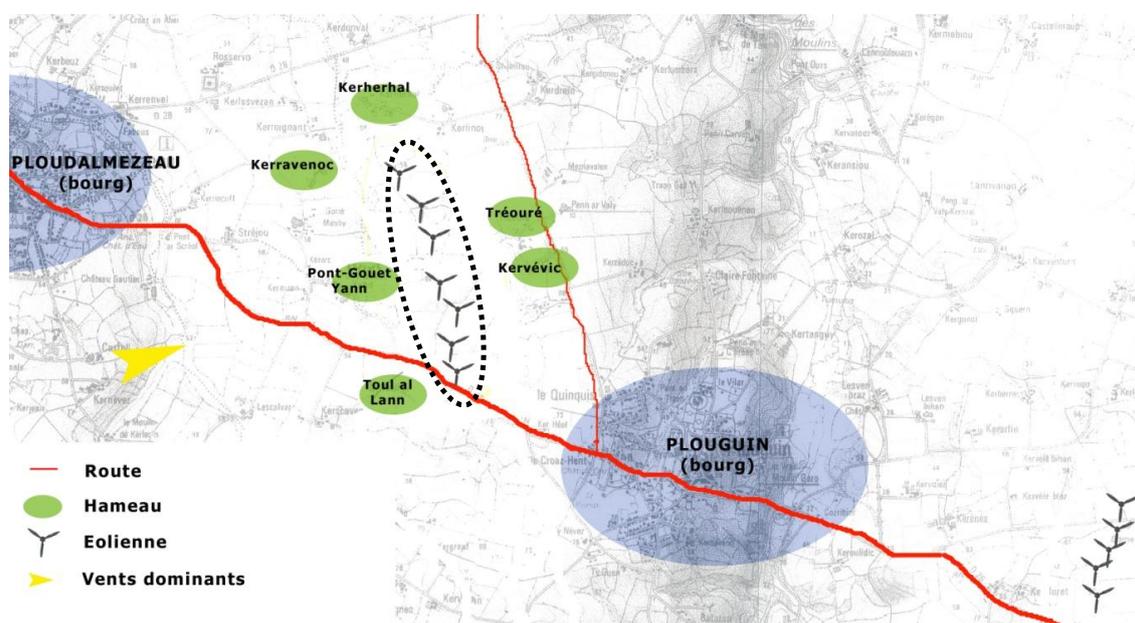


Figure 43 : Implantation des parcs éoliens par rapport au bourg et aux habitations (source : carte IGN 0416 ET)

Les éoliennes du parc de Plouguin sont de type E-66 20.70 (2 MW de capacité / hauteur du mât : 66 m / dimension de la pale : 33m) (Figure 44) du constructeur allemand ENERCON. Elles ont été conçues par l'architecte-ingénieur Foster<sup>11</sup> (Figure 45) ce qui explique leur singularité : des formes en courbes pour épouser celles du paysage naturel, une couleur gris-bleu pour jouer avec les couleurs du ciel suivant les saisons et le bas du mât en dégradé de vert pour s'intégrer aux couleurs de la végétation et des exploitations agricoles.

<sup>9</sup> VSB est l'entreprise exploitant le parc

<sup>10</sup> JUWI est l'entreprise exploitant le parc

<sup>11</sup> [www.fosterandpartners.com](http://www.fosterandpartners.com)

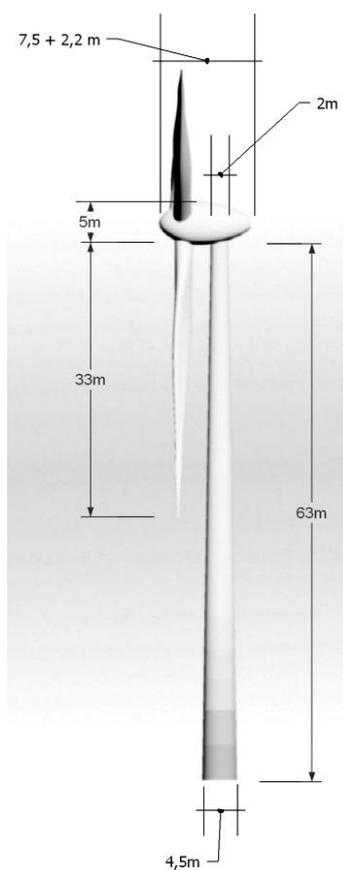


Figure 44 : Dimensions de l'éolienne de Plouguin (E-66 20.70) (source personnelle)

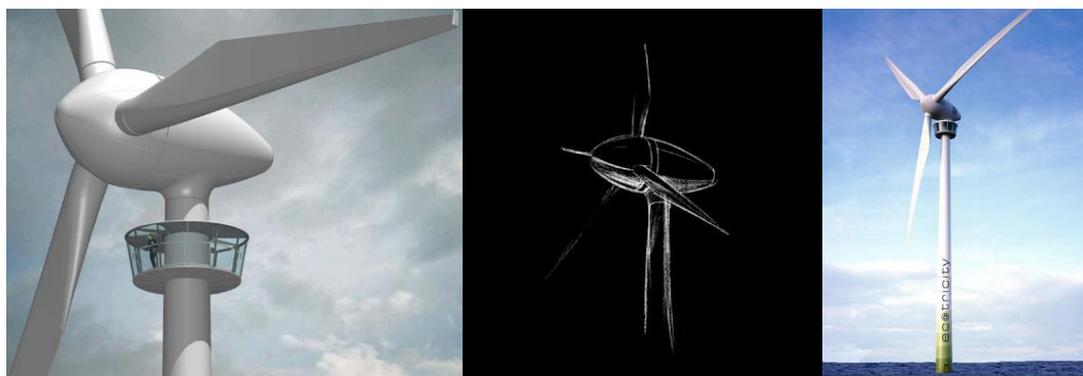


Figure 45 : L'éolienne conçue par Foster (la version originale présente une tour d'observation en haut du mât) (source : [www.fosterandpartners.com](http://www.fosterandpartners.com))

### 5.1.1 Analyse paysagère objective

La répartition spatiale de la commune est constituée d'un noyau urbanisé (le bourg) autour duquel se développent quelques hameaux et un plateau agricole remembré. L'espace est plutôt

dégagé et les éléments verticaux sont rares. L'environnement « sensible » de Plouguin et de ses alentours concerne trois sites (Figure 46) :

- La Vallée des Moulins contient un cours d'eau avec, sur ses bords, une végétation luxuriante. Il traverse la commune et se jette dans l'Aber Benoît ;
- L'Aber Benoît, à 4 km au nord de Plouguin ;
- Le littoral, à 7 km au nord et nord-ouest.

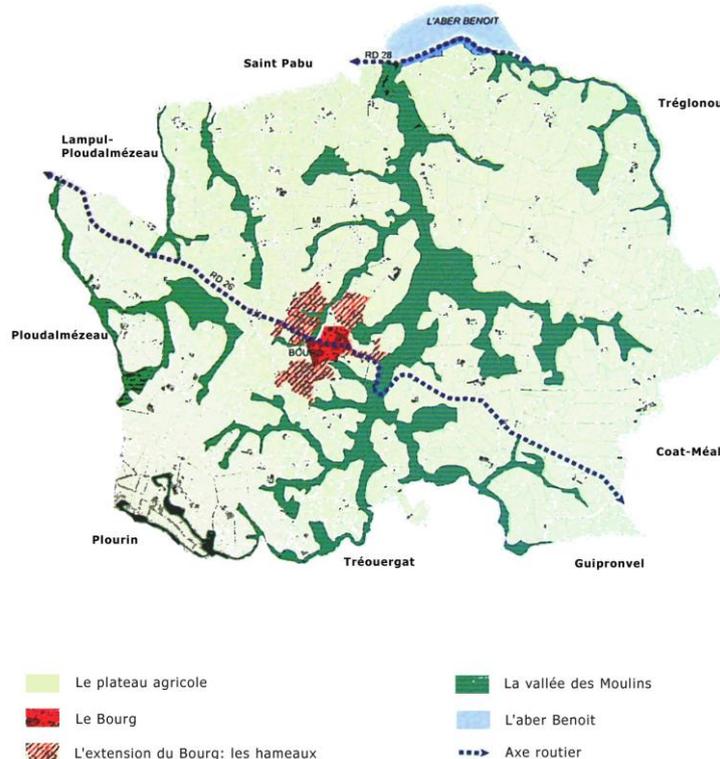


Figure 46 : Sensibilité paysagère de la commune de Plouguin et de ses alentours (source : plan établi par la Mairie de Plouguin)

L'analyse paysagère objective que nous avons effectuée sur le terrain avait pour objectif d'étudier, d'une part, les périmètres de perception (paragraphe 3.2.1) les plus pertinents pour l'étude d'impact du parc de Plouguin ; et d'autre part, de déterminer le ou les parcours les plus intéressants pour notre enquête. Notre analyse s'est effectuée identiquement sur les trois périmètres de perception (lointaine, intermédiaire et immédiate). A chaque périmètre, nous avons eu une démarche en trois étapes, du plus objectif au plus subjectif : tout d'abord, l'analyse de la *géométrie* du paysage ou analyse plastique (visuelle) ; ensuite, l'analyse de la *perception* du paysage ou ce que la géométrie pourrait traduire en émotions (visuelles) ; et enfin, l'analyse des *ambiances* ou lorsque le paysage rencontre sa composante physico-sensible.

### 5.1.1.1 Perception lointaine (rayon de plus de 5 km)

#### a/ Géométrie

Le paysage prédominant est composé de terres agricoles, de plaines, quelques hameaux d'habitations et quelques bâtiments agricoles. La lecture du paysage est simple, dépouillé et caractérisée par des lignes horizontales fortes sur trois plans successifs. Les éoliennes forment un plan horizontal qui rythme le dernier plan.

#### b/ Perception

Le paysage est dégagé. Le champ visuel est donc amplifiée par l'ouverture de l'espace et s'accroche facilement aux éléments qui émergent tels que les éoliennes : avec leur hauteur, elles forment un appel visuel fort et un point de repère pour les environs. En réalité, l'attraction visuelle de l'éolienne est essentiellement due au mouvement des pales et à la couleur gris-bleu démarquée du ciel et du paysage. Selon l'endroit où l'on se trouve, trois « perceptions » du paysage s'offrent à la vue :

- Un premier plan végétal ou agricole, un second plan urbain et un arrière plan avec les éoliennes : l'échelle humaine du bâti (le bourg) révèle des éoliennes géantes, hors échelle par rapport au second plan. Elles sont visuellement imposantes.



Figure 47 : Différents points de vue des éoliennes en arrière-plan du bourg (source personnelle)

- Un premier et un second plan végétal ou agricole et les éoliennes en arrière-plan : à cette grande distance et en l'absence d'échelle humaine, les éoliennes sont perçues comme une composante paysagère dynamique renforçant l'horizontalité.



Figure 48 : Perception lointaine : différents points de vue des éoliennes en arrière-plan d'une masse végétale (source personnelle)

- Au-delà d'une dizaine de kilomètres, les éoliennes ne sont presque plus perçues comme une composante paysagère captivante. De nouveaux éléments plus proches sont plus pertinents.

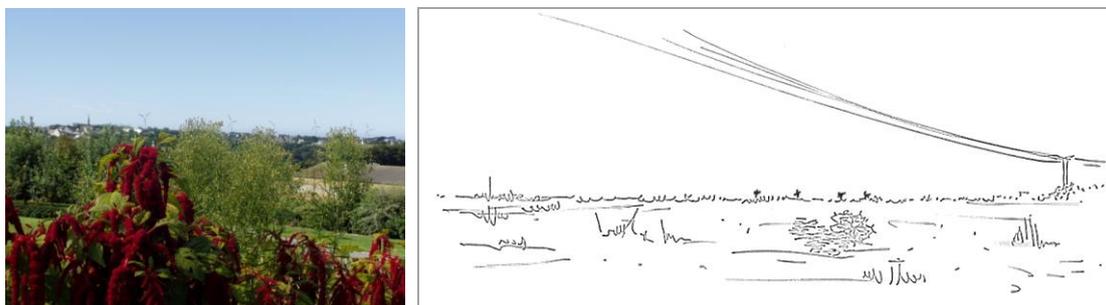


Figure 49 : Perception lointaine : différents points de vue des éoliennes en arrière-plan d'éléments marquants en premier plan (source personnelle)

### c/ Ambiances

Les impressions qui se dégagent de cet environnement plat à dominante agricole sont principalement l'ouverture et le dégagement de l'espace. La sensation du vent est forte dans ce paysage breton et elle est confirmée par la présence des éoliennes et le mouvement des pales. A cette distance pourtant, les éoliennes ne sont pas toujours le centre d'intérêt visuel, cela dépend de là où on se trouve, des obstacles potentiels mais aussi de la lumière naturelle. Pour ce dernier cas, la couleur gris-bleu de l'objet est choisie parce qu'elle est changeante avec la lumière : quand il fait beau, les éoliennes sont plutôt blanches et détachées du ciel ; quand des nuages passent, l'éoliennes se colore entre des parties éclairées blanches et d'autres non éclairées grises qui se mélangent avec le ciel ; et quand il fait gris, les éoliennes sont couleur ciel, elles se fondent dans l'arrière-plan et sont par conséquent très discrètes surtout à cette distance.

En ce qui concerne l'ambiance sonore, lorsqu'on est dans des hameaux loin des routes importantes, c'est le silence, le souffle du vent et/ou le chant des oiseaux qui priment. La sensation de la campagne est bien présente et les éoliennes ne sont pas entendues à cette distance.

## 5.1.1.2 Perception rapprochée (de 5 à 1 km)

### a/ Géométrie

A cette distance, les codes visuels deviennent plus nombreux et plus importants (éoliennes, bâti, arbres, routes,...). La lecture du paysage est tantôt à dominante horizontale, tantôt à dominante verticale (éoliennes), surtout en se rapprochant du site.

### b/ Perception

Plus on se rapproche du parc et plus les éoliennes s'imposent au champ visuel. Elles ne sont plus perçues comme un ensemble cohérent horizontal mais elles sont désormais considérées individuellement. Ceci introduit une nouvelle échelle de vision : la verticalité qui contrebalance la dominante horizontale du paysage. Les différentes parties de l'éolienne sont ici distinguées : les

pales et le mât sont les plus impressionnants et contrastent fortement avec l'arrière-plan (le ciel). Selon le point de vue, le paysage est appréhendé de plusieurs manières :

- *La perception « éoliennes / paysage bâti »* : A l'entrée sud du bourg, les éoliennes, objets industriels et techniques, concurrencent et dépassent le clocher de l'église, objet historique et patrimonial. De ce point de vue, l'échelle est la caractéristique la plus imposante de l'éolienne (Figure 50).



Figure 50 : Perception intermédiaire : différents points de vue des éoliennes avec un premier plan bâti (source personnelle)

- *La perception « éoliennes / paysage rural »* : elle diffère aussi selon notre position spatiale. **La lecture frontale** du parc offre les éoliennes comme un ensemble d'éléments verticaux et dynamiques qui dessinent une bande horizontale : elles forment un rythme attractif pour l'œil essentiellement grâce à leur répétition verticale et au mouvement des pales. Cependant, un ou plusieurs éléments en premier ou en deuxième plan peuvent occulter la vue des éoliennes et deviennent l'attraction principale de la scène (Figure 51). **La lecture latérale** du parc peut être 1/ dépouillée et réduite aux seules éoliennes. Dans ce cas de figure, la dominante verticale de l'objet est imposante et impressionnante dans le paysage et l'oblique engendrée par l'effet de perspective crée un déplacement dynamique de l'œil d'une éolienne à l'autre jusqu'à atteindre le point de fuite ; 2/ plurielle lorsque plusieurs éléments visuels sont présents et se concurrencent. Le premier plan prédomine (Figure 52).

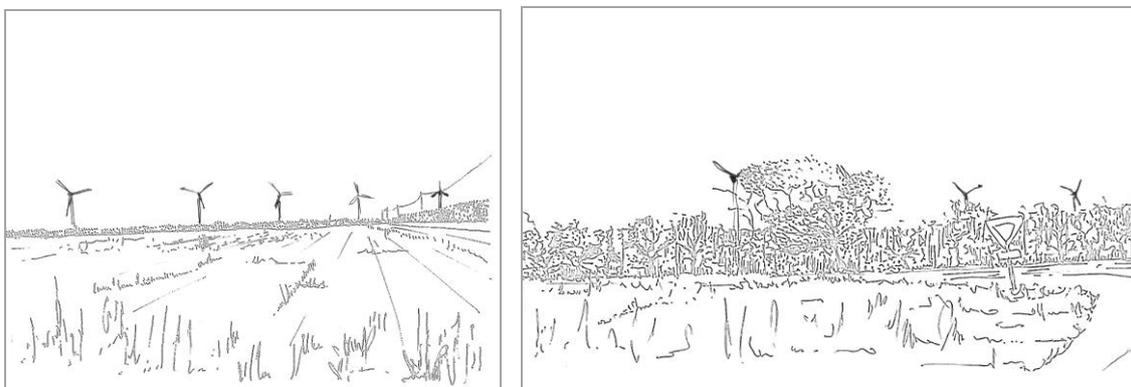


Figure 51 : Perception intermédiaire : lecture frontale du parc (source personnelle)



Figure 52 : Perception intermédiaire : lecture latérale du parc (source personnelle)

### c/ Ambiances

A cette distance intermédiaire des éoliennes, les ambiances sont diverses parce que l'environnement est plus détaillé et plus riche en éléments et en effets visuels. Beaucoup d'objets nous interceptent et nous parlent, beaucoup de phénomènes physiques (vent, pluie, soleil) agissent sur notre perception. Dans la Figure 53 par exemple, nous avons deux perceptions différentes du parc : des éoliennes estompées dans le brouillard et d'autres renforcées par une lumière venant de derrière le parc. Les facteurs physiques sont les plus influents dans les ambiances paysagères du parc.



Figure 53 : Perception intermédiaire : influence des ambiances physiques (source personnelle)

En ce qui concerne les ambiances sonores, tout comme la « perception lointaine », lorsqu'on est éloigné des routes, ce sont les chants des oiseaux, le silence et/ou le souffle de vent qui se ressentent le plus. Les éoliennes ne sont entendues que par vent fort et dans la direction du vent.

### 5.1.1.3 Perception immédiate (moins de 1 km)

#### a/ Géométrie

Dans un environnement aussi proche, les éoliennes forment l'acteur visuel principal de la scène : dominantes verticales, dynamiques et spatiales lorsqu'elles sont perçues dans leur totalité ; et dominantes dynamiques et d'échelle lorsqu'elles dépassent les habitations (Figure 54).



Figure 54 : Perception immédiate : pied de l'éolienne visible/non visible (source personnelle)

#### b/ Perception

Avec un premier plan végétal ou construit, les éoliennes s'imposent à la perception et paraissent « hors échelle » dans l'environnement immédiat. Elles dominent la lecture du paysage, d'autant plus qu'au pied de l'éolienne, on ne peut voir qu'une partie de l'objet (le mât ou le rotor et les pales si on lève la tête) ou de son empreinte au sol (l'ombre) (Figure 55). Cette impression est difficile à rendre par les photos et les croquis ce qui justifie le recours à la RV pour pouvoir changer de point de vue et voir les différentes parties de l'éolienne et l'espace qui l'entoure.



Figure 55 : Perception immédiate : au pied de l'éolienne (source personnelle)

## c/ Ambiances

De près, les éoliennes définissent un nouveau paysage qui s'élève vers le ciel et qui attire toute notre attention. Plus on se rapproche du site, plus elles sont impressionnantes. Un sentiment d'écrasement et de dominance peut être ressenti quand on n'y est pas habitué. Les ambiances sonores sont ici perceptibles et considérables au pied de l'éolienne mais aussi à quelques centaines de mètres et dans la direction du vent.

### 5.1.2 Choix des parcours

L'analyse paysagère des différentes aires de perceptions révèle que : 1/ plus nous nous rapprochons de l'éolienne plus son impact spatial, visuel et sonore devient conséquent, 2/ la caractéristique verticale de l'objet peut – suivant le point de vue – donner un caractère horizontal au parc lorsqu'il est perçu à distance et lorsqu'il y a répétition d'objets vus de face, et 3/ la lecture verticale peut être appréhendée sous certains angles de vue en mettant en valeur le mât de l'éolienne alors que la lecture horizontale privilégie le mouvement rotatif des pales.

A partir de ces constats, les parcours recherchés pour notre étude, en plus d'être accessibles, devaient traduire cette diversité : la perception sonore induisait un choix de parcours dans l'aire immédiate ce qui favorisait une lecture verticale du parc ; alors que la lisibilité d'une lecture horizontale des éoliennes était plus favorable dans l'aire intermédiaire. Nous avons abandonné la recherche de parcours dans l'aire lointaine parce que la perception des éoliennes était visuellement perturbée par des éléments visuels plus proches. De plus, nous avons essayé de choisir des parcours qui ne dépassaient pas 10 -15 minutes de marche car les participants perdent de leur concentration au-delà de cette durée, surtout dans le virtuel [Tahrani 2006]. Notre objectif de caractériser et de contextualiser un parcours a eu pour conséquence d'opter pour des parcours imposés et non libres. La redondance dans les discours des usagers est ce qui nous permettra de qualifier l'espace. D'ailleurs, le contexte rural favorise ce genre de parcours parce qu'il n'offre pas beaucoup de variétés dans les orientations. Les parcours choisis (Figure 56) présentent tous ces avantages pour notre étude.



Figure 56 : Parcours 1 et 2 (© GEOPORTAIL 2007 - IGN)

Le parcours 1 est situé au pied des trois premières éoliennes du parc (aire immédiate) ce qui favorise une lecture verticale et individuelle des éoliennes. Il est très fréquenté par des touristes et par les habitants de Plouguin (promenade dominicale ou du soir). La Figure 57 présente différentes séquences du parcours. Nous remarquons que c'est un chemin de terre qui est large (pour faciliter le passage des véhicules techniques) et bordé d'une végétation haute de 4 à 5 m qui occulte la vue. Il s'ouvre spatialement sur l'emplacement des éoliennes et sur des champs de maïs en arrière-plan.

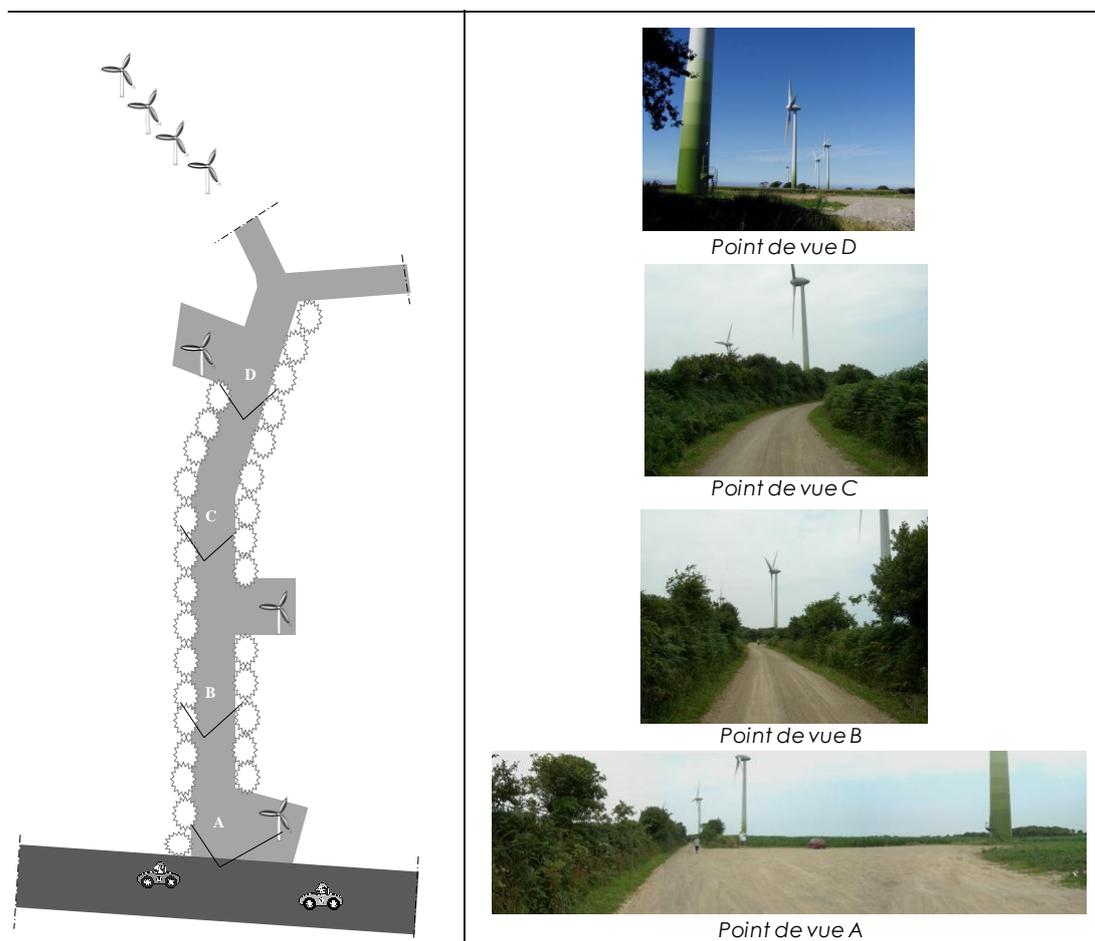


Figure 57 : Différents points de vue du parcours 1

Le parcours 2 est situé entre 0.5 et 2 km des éoliennes (entre l'aire immédiate et l'aire intermédiaire) et favorise une lecture horizontale et « groupée » des éoliennes. Il est essentiellement fréquenté par les habitants de Plouguin (promenade ou pour joindre leurs habitations dans les hameaux). La Figure 58 présente différentes séquences du parcours. Il est bordé d'un fossé à droite et à gauche tout au long de la route en goudron afin de protéger des champs de maïs à gauche (au moment de l'enquête *in situ*, ils sont devenus des champs de blé !) et un plateau d'herbe pour les vaches à droite. En fin de parcours, une haie de 3 à 4 m occulte la vue du plateau d'herbe à droite et on commence à apercevoir les maisons et fermes au fond de la route.

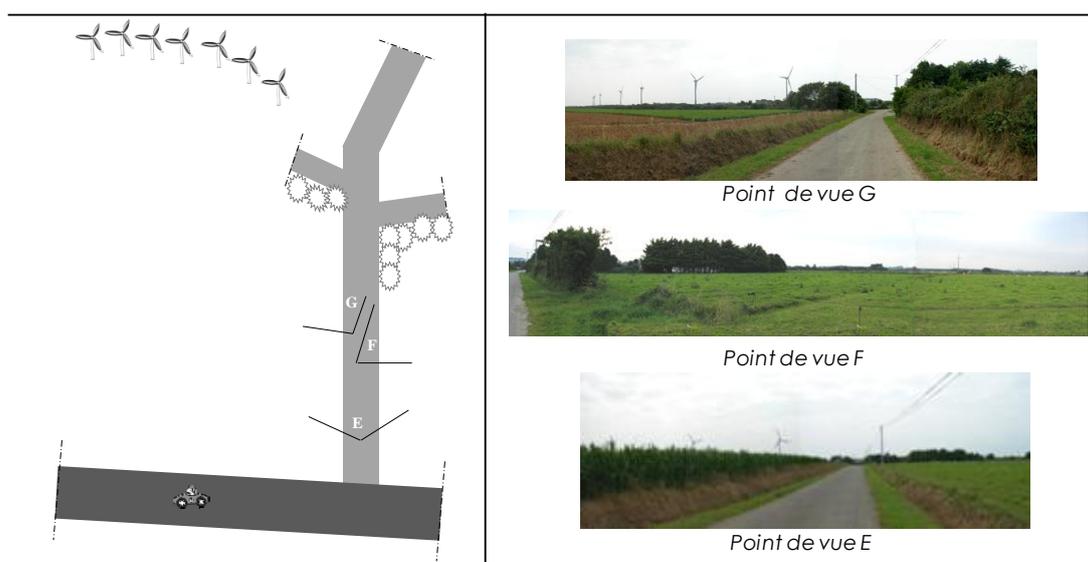


Figure 58 : Différents points de vue du parcours 2

### 5.1.3 Conclusion

Cette investigation personnelle *in situ* pour l'étude paysagère de Plouguin et du parc JUWI en particulier s'est faite en deux temps :

- Une première approche immersive *in situ* a été effectuée en parcourant le site à pied et en voiture, et en prenant des photos et des vidéos de ce qui nous semblait pertinent. Cette étape a dévoilé notre propre expérience paysagère : observation du paysage par rapport à nos propres sens et déplacement. Notre perception en mouvement a révélé non seulement sa propre incidence sur la lecture du paysage mais aussi l'influence des éléments paysagers sur notre perception et déplacement. Cette approche immersive a donné lieu aux hypothèses de travail des parcours commentés (cf. paragraphe 5.2.1.2) ;
- Une deuxième approche s'est déroulée loin du site, à base de documentation et d'analyse photographique et vidéographique. C'est une phase de recul par rapport au paysage réel et d'objectivation des données sensibles récoltées.

Un des objectifs de notre étude objective *in situ* était aussi de nous confronter par notre immersion à un parc éolien et d'évaluer l'impact visuel et sonore des éoliennes. En ce qui concerne l'impact visuel, nous avons constaté que plus on se rapproche des éoliennes, plus leur échelle par rapport à l'espace qui les entoure impressionne et dans ce cas, elles peuvent être gênantes. Et en ce qui concerne l'impact sonore, nous avons constaté que les nuisances sonores sont très liées au sens et à la vitesse du vent : au pied d'une éolienne le bruit peut ne pas paraître gênant alors que lorsqu'on s'éloigne du parc dans le sens du vent, le bruit des pales peut être considérable.

A partir de cette phase objective, nous avons pu construire nos protocoles études subjectives tout d'abord pour l'enquête *in situ* et ensuite pour l'enquête *in vitro*.

## 5.2 Etude sensible du paysage *in situ*

### 5.2.1 Etude subjective du paysage

L'étude subjective *in situ* [Jallouli *et al.* 2009] a été réalisée en deux étapes : une enquête sociologique sous forme d'entretiens chez différents acteurs du projet éolien et une enquête sociologique sur site grâce aux parcours commentés et à des questionnaires.

#### 5.2.1.1 Première enquête non-immersive : les entretiens semi-directifs

En juillet 2005, dans le cadre de l'appel d'offre « Art, Architecture et Paysage » (Ministère de la Culture) [Jallouli 2005], nous nous sommes associés à Van Tilbeurgh<sup>12</sup> afin d'étudier les dynamiques sociales et la mobilisation qui entouraient l'implantation d'éoliennes. Cette première approche des acteurs du parc éolien a été non seulement importante pour valider la méthode des parcours commentés dans un contexte rural (cf. paragraphe 5.2.2) mais aussi déterminante pour construire notre protocole d'enquête immersive (parcours commentés) par la suite. En effet, elle a servi de pré-enquête dont le but était de comprendre les enjeux, d'identifier le discours sur les éoliennes et le paysage et de déterminer les impacts du point de vue des usagers. C'est une étape de défrichage de notre sujet d'étude.

L'enquête a démarré avec l'avis favorable du Maire de Plouguin pour faire l'enquête. Nous avons tout d'abord consulté le dossier de permis de construire à la mairie. Ensuite, nous avons contacté par téléphone plusieurs acteurs du projet, 8 personnes ont répondu favorablement à notre démarche : 2 habitants des hameaux entourant le parc (dont un opposant au parc), un agriculteur (son champ contenait 3 éoliennes du parc de Plouguin), le Maire et son adjoint (considérés comme habitants de Plouguin aussi), le gérant de la société JUWI, un membre d'une association anti-éoliennes et un autre membre d'une association qui promeut les éoliennes. Le panel de sujets que nous avons interrogé a été choisi pour représenter le maximum d'acteurs du projet et pour diversifier le discours sur les éoliennes.

Les interviews ont été faites individuellement chez les différentes personnes interrogées. L'enquête a été introduite tout d'abord en rappelant notre rattachement professionnel, ensuite en évoquant le sujet de recherche que nous sommes venus aborder et parfois quelques questions pour démarrer l'entretien. La grille des entretiens (Annexe 1) renfermait des thèmes sur lesquels les interviewés devaient réagir : l'historique du parc, leur rapport au site et à l'objet « éolienne », leur quotidien avec les éoliennes, l'environnement et le paysage de Plouguin. Il fallait poser le moins de questions possibles pour que le discours soit spontané. Chaque entretien a duré environ une heure et a été enregistré sur une bande sonore par la sociologue alors que nous avons pris des notes.

---

<sup>12</sup> Sociologue de l'environnement, Maître de conférences à l'Université de Rennes II.

### 5.2.1.2 Deuxième enquête immersive : les parcours commentés

Dans sa version originelle, la méthode des parcours commentés suscite un discours libre de la part des sujets, dans le cadre d'un trajet également libre pendant un temps maximum de 20 mn. Dans le cadre de notre étude, nous choisissons d'imposer les cheminements à analyser. Ce choix a pour objectifs, d'une part de permettre la confrontation entre les perceptions des différents participants à un même contexte spatial, et d'autre part d'offrir une certaine comparabilité entre les parcours choisis. De plus, les variations des circonstances sont minimisées puisque l'enquête a toujours eu lieu l'après-midi, période à laquelle le parc est le plus visité de l'année (touristes) et de la journée (habitants).

Les parcours 1 et 2 sélectionnés pour notre enquête immersive ont été analysés par notre propre perception en mouvement et notre point de vue de spécialiste mais aussi grâce à des parcours-tests élaborés avec des amis qui ont joué le rôle des enquêtés. Ces parcours-tests nous ont permis d'émettre certaines hypothèses de travail :

- *Perception visuelle* : **1/ Les éoliennes structurent le parcours** : ce sont les « événements » du parcours 1 et 2 qui se dénotent de l'espace et le remplissent en même-temps. Par leur taille, leur forme et leur couleur, elles imposent leurs règles paysagères. **2/ Une double lecture du paysage** : Dans le parcours 1, elles suscitent une lecture verticale imposante alors que dans le parcours 2, elles suscitent une lecture horizontale plus douce et légère. **3/ L'influence de la perception en mouvement** : dans le parcours 1, le mouvement met en valeur l'alternance « éolienne/espace ouvert » avec « chemin végétal/espace fermé ». Dans le parcours 2, le mouvement met en valeur une approche progressive et détaillée de l'éolienne ; en s'approchant, l'observateur découvre les différentes parties de l'objet ;
- *Perception sonore* : tout au long du parcours 1, les éoliennes sont entendues. Une **omniprésence sonore** qui rappelle constamment le sujet de l'enquête, le caractère productif du site ainsi que sa fonction énergétique. Tandis que le **caractère répétitif** du bruit rappelle la technicité de l'objet et son contraste avec les spécificités naturelles de l'environnement immédiat.

Dans l'enquête par les entretiens, nous avons varié les interviewés selon leurs intérêts et leur parti pris par rapport au paysage et aux éoliennes et nous nous sommes rendus compte que le paramètre « temps » influence la perception et l'impact du parc. C'est pour cela que dans cette enquête, nous avons essayé de prendre en compte ce paramètre en distinguant 2 discours : celui de l'habitant (perception à moyen et long terme) et celui du visiteur (perception à court terme). L'enquête s'est donc déroulée avec 18 participants : 10 touristes et 8 habitants (Tableau 9). Nous avons aussi essayé d'éviter les personnes qui sont contre les éoliennes et contre le parc de Plouguin en particulier parce que l'enquête des entretiens nous a révélé que leurs commentaires et perceptions sont biaisés par leur opinion négative. Selon Moles [1995], ces personnes sont généralement motivées pour les enquêtes afin de véhiculer leurs idéaux et dans notre cas, leur mécontentement. De même, Johansson *et al.* [2007] a montré dans son enquête sur la relation entre la perception visuelle et l'attitude d'opposition aux éoliennes que l'expérience paysagère d'un parc d'éoliennes influence l'intention de s'opposer au parc et vice versa.

La question des ambiances saisonnières et journalières s'est aussi posée au préalable de notre étude. Notre enquête se déroule en plein air en suivant des parcours de promenade qui sont plus fréquentés par les habitants et touristes en journée et en saison estivale que la nuit et en saison froide.

C'est ainsi que nous avons choisi d'effectuer nos enquêtes dans l'après-midi et en été (juillet/août 2007).

L'enquête est constituée du parcours commenté suivi par un questionnaire :

- Le participant est emmené au début de chaque parcours. Nous lui expliquons que nous allons l'accompagner tout au long du parcours et qu'il doit s'exprimer oralement sur tout ce qui attire son attention, tout ce qu'il ressent, tout ce qu'il voit, entend, etc. Il doit aussi justifier ses actes et choix. Nous enregistrons ce qu'il dit grâce à un dictaphone. A la fin du parcours, nous faisons un entretien directif avec le participant où nous l'interrogeons sur l'objet « éolienne » : « comment décririez-vous l'objet à quelqu'un qui n'en a jamais vu ? », « comment qualifiez-vous le bruit des éoliennes ? A quel bruit du quotidien vous fait-il penser ? », « quelle est la hauteur de cette éolienne à votre avis ? », « quels premiers adjectifs vous viendraient-ils à l'esprit en regardant l'éolienne ? ». Ce même entretien se déroule aussi *in vitro*. Grâce à ces questions, nous pouvons faire un comparatif quantitatif de la caractérisation de l'éolienne *in situ/in vitro*. Sur le chemin du retour vers le point de départ, nous discutons avec le participant sur son expérience, ce qu'il pense de l'enquête, etc.
- Arrivé au point de départ, nous demandons au participant de répondre à un questionnaire aux questions ouvertes (Annexe 2a). Les questionnaires ont été construits d'après une étude similaire par le parcours [Tahrani 2006] et suivant les résultats et le discours des interviewés lors des entretiens. Ils ont été mis en place afin d'identifier la perception « mémorisée » et les caractéristiques qui ont le plus marqué le participant – et qui sont donc restées dans sa mémoire – dans le parcours. L'étude est ici statique mais le questionnaire a l'avantage de donner rapidement une idée générale sur les résultats de l'enquête. Les questions posées sont sur : 1/ *le paysage* : les attractions visuelles et sonores dans le parcours 2/ *les éoliennes* : impacts visuel et sonore 3/ *séquences du parcours* : cette question graphique a pour but de traduire par le dessin l'image mentale du parcours avec les éléments paysagers qui ont le plus marqué le participant. Cette approche par le dessin a été utilisée dans d'autres études sur la compréhension de l'espace par les enquêtés ([Mohammed-Ahmed *et al.* 2007] ; [Jansen-Osmann *et al.* 2002] ; [Tahrani 2006]).

<i>Date/ Temps</i>	<i>Participants Parcours1</i>	<i>Date/ Temps</i>	<i>Participants Parcours2</i>
12 Août 2007 <u>Ciel</u> : dégagé <u>Vent</u> : O ; 22-30 km/h	1 visiteur 2 habitants	31 Juillet 2007 <u>Ciel</u> : dégagé <u>Vent</u> : N-E ; 39-47 km/h	1 habitant
19 Août 2007 <u>Ciel</u> : gris <u>Vent</u> : N-O ; 35 - 54 km/h	4 visiteurs 2 habitants	01 Août 2007 <u>Ciel</u> : voilé <u>Vent</u> : N ; 11-15 km/h	2 visiteurs
		12 Août 2007 <u>Ciel</u> : légèrement voilé <u>Vent</u> : O ; 22-30 km/h	2 habitants
		24 Août 2007 <u>Ciel</u> : dégagé <u>Vent</u> : N-E ; 22-26 km/h	1 habitant 3 visiteurs

Tableau 9 : Détails de l'enquête immersive *in situ*

Chaque enquête a nécessité 45 mn environ. Les commentaires enregistrés sont transcrits fidèlement. Nous avons essayé d'analyser le discours en même temps que la transcription pour prendre en compte tout ce que la transcription pouvait faire perdre à l'analyse : la manière de dire et la ponctuation orale des phrases.

## 5.2.2 Validation de la méthode des parcours commentés *in situ*

Les avantages de la méthode des parcours commentés par rapport aux entretiens sont l'immersion, la perception en mouvement et l'intersensorialité instantanée. Afin de valider la méthode urbaine des parcours commentés dans l'étude du paysage rural, nous proposons de comparer les résultats des deux méthodes en mettant en valeur les caractéristiques suivantes : 1/ perception instantanée et en mouvement versus perception mémorisée ou remémorée sans mouvement 2/ immersion versus non-immersion 3/ avec versus sans contexte. Cette comparaison fera partie de la Section 6.3.

## 5.3 Etude sensible du paysage *in vitro*

Dans ce qui suit, nous allons détailler les différentes étapes de l'étude sensible *in vitro*. Elle est constituée de deux parties :

- La « conception du système RV » concerne la construction de l'environnement virtuel qui a été élaborée par nous-mêmes dans un premier temps et améliorée par Davy Salerne<sup>13</sup> dans un deuxième temps, le protocole d'immersion visuelle et sonore dans le cas des éoliennes et le protocole d'interaction en trois étapes. Ces dernières vont correspondre à trois expérimentations *in vitro* qui ont été le fruit d'un travail collaboratif, d'une part, avec le laboratoire CERV (Centre Européen de Réalité Virtuelle)<sup>14</sup> en ce qui concerne l'expérimentation de la Wiimote (expérimentation 2) ; et d'autre part, avec Davy Salerne en ce qui concerne les deux autres expérimentations (1 et 3) ;
- Les « protocoles expérimentaux » et la passation des enquêtes concernant les 3 études virtuelles ont été réalisés et dépouillés par nous-mêmes.

### 5.3.1 Conception du système de RV

Le système de RV que nous souhaitons développer a pour objectif de déterminer les potentialités de la RV comme outil d'étude du paysage ; il doit donc **restituer – comme dans le milieu réel – l'expérience paysagère immersive, multisensorielle et dynamique**. Appliquée au contexte éolien, **la RV doit restituer la perception visuelle et sonore**. Suivant la méthode d'interfaçage « 3 P » (cf. Section 2.2), ces objectifs sont le point de départ de notre conception de l'application virtuelle,

---

<sup>13</sup> Davy Salerne est étudiant en Master « Modélisation Numérique et Réalité Virtuelle » à l'Université d'Angers. Son stage professionnel de 6 mois (Mars-septembre 2008) a porté sur la construction du système de RV pour l'expérimentation 3. Il a aussi participé à améliorer le modèle virtuel et à réaliser l'animation pour l'expérimentation 1.

<sup>14</sup> Ronan Querrec, Maître de conférences à l'ENIB de Brest et Chercheur au CERV, a été notre principal interlocuteur en implémentant le protocole d'interaction de la Wiimote sur ARÉVi.

auxquels devront répondre les trois I<sup>2</sup>, à savoir les I<sup>2</sup> fonctionnelles, les I<sup>2</sup> cognitives et les I<sup>2</sup> sensori-motrices :

- *I<sup>2</sup> fonctionnelles* : Dans le paysage virtuel, l'utilisateur doit observer (voir en déplaçant son regard, entendre) pendant qu'il se déplace tout au long du parcours (marcher ou s'arrêter) et qu'il communique (parler de son ressenti) avec l'enquêteur (dans le monde réel). Ces trois PCV impliquent des protocoles d'immersion (observer) et d'interaction avec le monde virtuel (se déplacer) et avec le monde réel (communiquer) ;
- *I<sup>2</sup> cognitives* : la conception des interfaces comportementales nécessite l'utilisation de « schèmes » de déplacement dans le protocole d'interaction et de « schèmes » d'observation visuelle et sonore dans le protocole d'immersion visuelle, afin d'optimiser les I<sup>2</sup> cognitives. Dans chaque expérimentation et à partir des commentaires des participants, nous validerons (ou non) nos choix de schèmes et de métaphores ;
- *I<sup>2</sup> sensori-motrices* : dans notre expérience, la vision, l'ouïe (en ce qui concerne les sens et le protocole d'immersion) et le déplacement (en ce qui concerne la motricité et le protocole d'interaction) nécessitent des interfaces comportementales.

Pour construire notre application virtuelle et afin de satisfaire les trois I<sup>2</sup>, nous avons réfléchi aux protocoles d'immersion et d'interaction adéquats pour restituer l'expérience paysagère immersive, multisensorielle et dynamique. Cette réflexion sur les protocoles a donné lieu à notre choix d'appliquer une démarche en trois temps correspondant à trois expérimentations virtuelles. Elles diffèrent du point de vue « interaction avec le monde virtuel ». Dans ce qui suit, nous expliquons d'abord notre démarche de construction du monde virtuel suivie de celle des protocoles d'immersion et d'interaction (Figure 59).

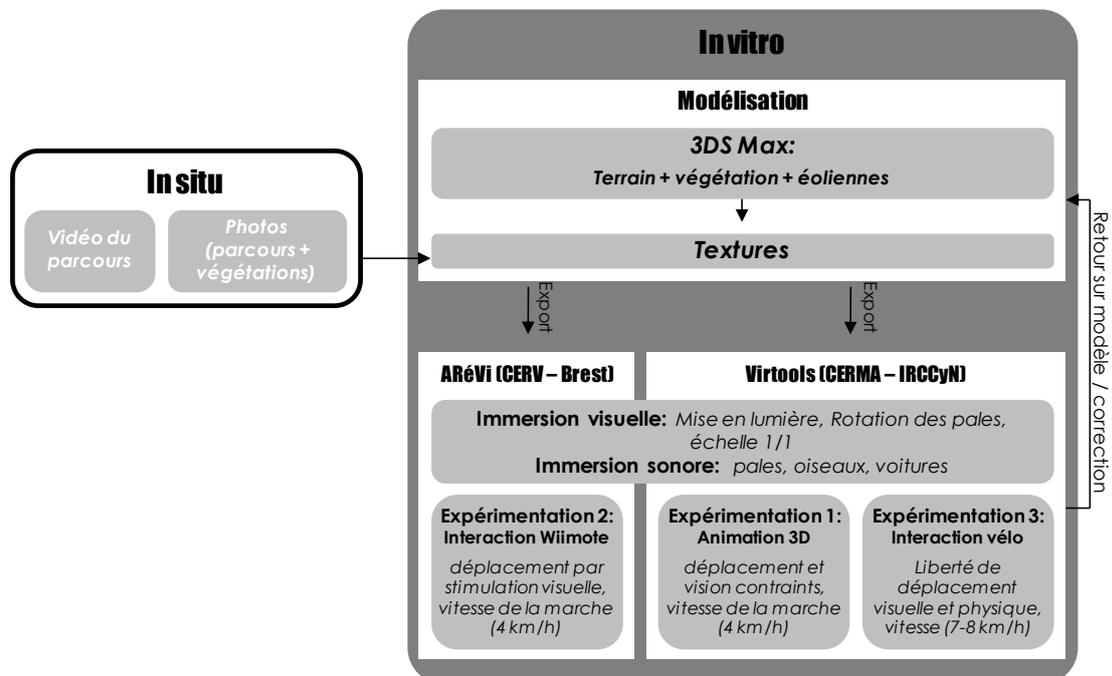


Figure 59 : Schéma conceptuel des trois expérimentations en mode virtuel

### 5.3.1.1 Construction de l'environnement virtuel

La modélisation du monde virtuel a été réalisée grâce au logiciel 3DS Max. Elle a concerné en superficie un rayon de 2 km tout autour des éoliennes. Après une première étape commune (modélisation des éoliennes et du terrain), les modèles 3D des parcours 1 et 2 ont été séparés dans 2 fichiers :

- *Modélisation des éoliennes* : nous avons obtenu la fiche technique des éoliennes E66 20.70 de l'opérateur JUWI (Annexe 5a). Elle nous a permis de construire l'éolienne en respectant ses dimensions (Figure 60) ;

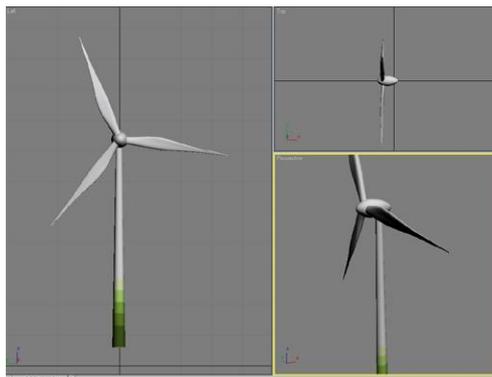


Figure 60 : Modélisation de l'éolienne de Plouguin sous 3DS Max

- *Modélisation du terrain* : une carte topographique IGN, notre propre investigation ainsi que les photos et vidéos faites sur site nous ont permis de positionner à l'échelle les éoliennes et la végétation sur le terrain et dans les différents parcours. La modélisation de la végétation est la partie la plus délicate dans un environnement rural virtuel (que choisir : une végétation 3D ou 2D ?) et dans notre cas, elle a été encore plus complexe surtout dans le parcours 1 parce qu'il est bordé d'une végétation luxuriante proche de l'observateur et donc nous supposons qu'elle retiendra sûrement son attention. Une modélisation optimisée de cette végétation revient à utiliser des modèles 3D qui, de par leur complexité, empêcheront ou contraindront la navigation temps-réel. C'est pour cela que nous avons délibérément choisi d'utiliser des plans 2D pour la végétation (Figure 61) : faciles à modéliser (nombre de faces limité à 1) et à texturer mais qui ne sont pas réalistes et qui risquent de diminuer le réalisme de la scène et donc l'immersion de l'utilisateur. Ce choix a impliqué aussi l'abandon de la projection stéréoscopique qui accentue la profondeur et qui renforce la lecture 2D des plans successifs ;

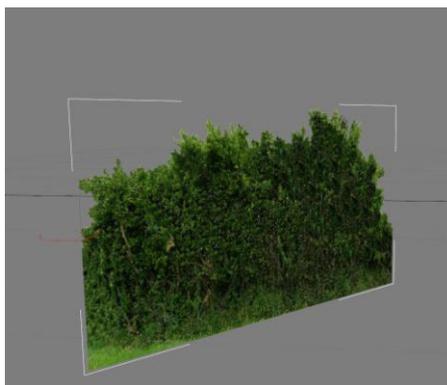


Figure 61 : Utilisation de plans 2D pour la végétation

- *Texturation* : les textures de la végétation, du sol et des éoliennes proviennent des photographies prises sur site de ces différents éléments. La texture de la végétation qui borde le parcours ainsi que celle du sol ont été traitées avec beaucoup de détails (photographies de haute résolution) parce qu'elles sont proches des yeux de l'observateur. Grâce aux enregistrements vidéos des parcours 1 et 2, nous avons aussi essayé de respecter le positionnement, la hauteur et la texture des arbres, arbustes et autres types de végétation (Figure 62).

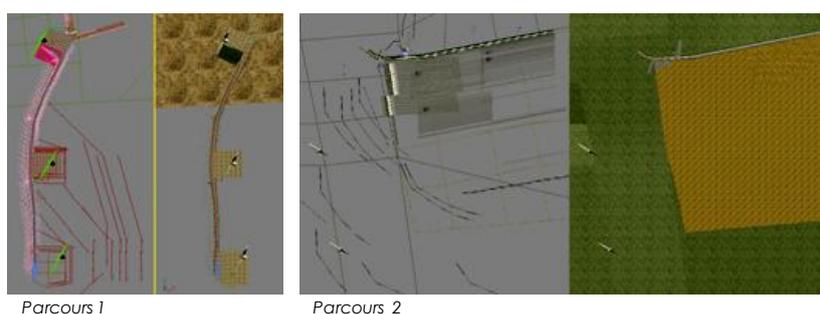


Figure 62 : Vue en plan des parcours 1 et 2 (modèle fil de fer vs. modèle texturé)

- *Ambiances* : l'enquête *in situ* a révélé l'influence de l'ensoleillement sur la lecture du paysage. Dans le parcours 1, 6 des 9 participants ont eu un parcours avec un ciel gris (cf. Tableau 9 ci-haut), nous avons donc eu l'idée d'opter pour un ciel gris dans le parcours 1 *in vitro*. Alors que l'enquête réelle dans le parcours 2 a bénéficié d'un ciel bleu, nous avons donc opté pour un ciel dégagé pour le modèle du parcours 2. Ceci nous offre donc deux ambiances lumineuses différentes qui pourront aussi montrer l'influence de la lumière naturelle dans la lecture de l'espace (comme nous l'avons remarqué dans l'enquête réelle ; cf. paragraphe 6.2.2.2).

Nous présentons dans la Figure 63 et la Figure 64 différentes séquences des parcours 1 et 2 *in situ* et *in vitro*. Les modèles 3D des parcours 1 et 2 ont été ensuite exportés vers ARéVi dans le cas de l'expérimentation 2 (Wiimote) et vers Virtools dans le cas de l'expérimentation 1 et 3 (animation 3D et vélo).



Figure 63 : Parcours 1 : points de vue comparés *in vitro/in situ*



Figure 64 : Parcours 2 : points de vue comparés *in vitro/in situ*

### **5.3.1.2 Protocole d'immersion**

L'immersion de l'utilisateur dans le monde virtuel signifie qu'il se sente « mentalement » présent dans l'espace 3D artificiel – même s'il n'y est pas « physiquement » – afin qu'il y perçoive et agisse pareillement que dans la réalité (c'est ainsi que les résultats *in vitro* peuvent être crédibles et exploitables). La restitution de la perception visuelle et sonore nécessite donc une immersion visuelle et sonore qui implique des interfaces visuelles et sonores décisifs. L'immersion totale est difficile à pourvoir et à évaluer car c'est un processus mental. Nous espérons que la verbalisation de la perception peut révéler le sentiment de présence de l'utilisateur *in vitro*.

## **a/ Immersion visuelle**

L'immersion visuelle a impliqué d'une part, une action sur le modèle importé de 3DS Max afin de restituer les ambiances lumineuses et la rotation des pales ; et d'autre part, un choix d'interface afin de couvrir les champs visuels de l'utilisateur et de restituer l'échelle réelle dans le monde virtuel.

La mise en lumière du modèle a été réalisée avec des lumières « globales » et « directionnelles » qui pourvoient les objets avec des ombres propres et non portées. Ceci réduit le temps de rendu du modèle (surtout pour le temps-réel) sans contraindre nos objectifs de caractérisation des impacts : le parcours 2 est complètement dégagé, par conséquent les ombres portées des éoliennes et des autres éléments paysagers ne sont pas nécessaires ; et dans le parcours 1, nous avons élaboré nos parcours commentés dans l'après-midi lorsque l'ombre portée des éoliennes est projetée sur les champs à l'ouest alors que le parcours se trouve à l'est, par conséquent l'observateur ne voit pas les ombres. En ce qui concerne la végétation qui borde le parcours 1, le fait qu'elle soit en 2D nous a dissuadés d'accentuer cette lecture 2D par des ombres portées ou par une vision stéréoscopique qui mettrait en évidence la lecture des plans 2D en profondeur.

La rotation des pales autour de l'axe du rotor n'a pas été difficile en soi ni dans ARÉVi ni dans Virtools. Mais la synchronisation « rotation des pales/bruit aérodynamique » était une opération plus délicate à faire (cf. b/ Immersion sonore).

Idéalement, l'immersion visuelle impliquerait un dispositif d'observation visuelle avec une immersion totale du regard (champ visuel : horizontal de 330° / vertical 300°). Dans le paragraphe 2.2.2.1, nous avons énuméré différentes interfaces visuelles potentielles pour un système de RV :

- *Ecran plat* : c'est une solution qui satisfait partiellement les champs visuels horizontal et vertical mais c'est un dispositif disponible dans plusieurs laboratoires de la région ;
- *Ecran cylindrique* : c'est une meilleure solution que l'écran plat puisque l'immersion horizontale du regard est plus large ;
- *Visiocasque* : cette solution présente des inconvénients propres (cf. paragraphe 2.2.2.1) et dans notre cas, elle compromettrait la communication verbale entre l'utilisateur et l'enquêteur ;
- *CAVE* : c'est la solution idéale pour notre étude mais elle est chère et non disponible dans notre environnement géographique (Bretagne et Pays de la Loire) (Figure 65).



Figure 65 : Proposition idéale pour notre étude (CAVE + tapis roulant 2D) (source : Rapport de stage D. Salerne)

Nous avons donc opté pour une salle immersive avec un écran plat disponible dans les 2 sites d'étude : celui de Brest (laboratoire CERV) et celui de Nantes (laboratoire CERMA – salle située à l'IRCCyN, Ecole Centrale de Nantes). L'écran de la salle immersive de Brest est sans lentilles de Fresnel alors que celui de Nantes est avec lentilles de Fresnel. Le premier cas engendre un halo au centre de l'écran qui – dans notre cas où la perception visuelle est importante – risque de modifier la lecture du paysage : centre de l'écran très éclairé et bords sombres (Figure 66).

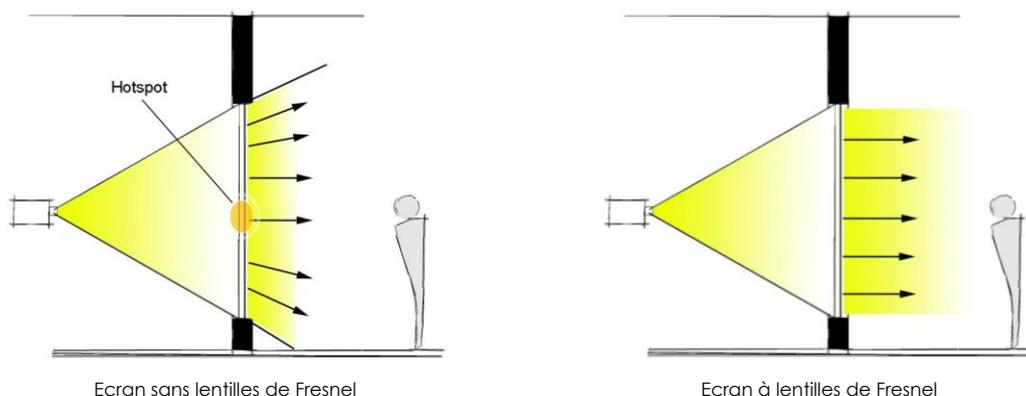


Figure 66: Différence entre écrans avec et sans lentilles de Fresnel (source : [Tahrani 2006])

Le deuxième paramètre important de l'immersion visuelle en milieu virtuel est de satisfaire l'échelle 1/1. En effet, la perception de l'échelle réelle des objets est différente de leur perception sur des images à échelle réduite : la perception de la monumentalité par exemple induit un sentiment d'écrasement que nous n'avons pas si l'objet est représenté avec une échelle réduite. Dans une salle immersive, la satisfaction de l'échelle 1/1 dépend du positionnement de l'utilisateur par rapport à l'écran ce qui infère le calcul des champs visuels horizontal et vertical (Figure 67) et celui de l'acuité visuelle (Figure 68). Ces réglages sont contradictoires car l'immersion du regard requiert de grands champs visuels, on a donc tendance à vouloir rapprocher l'utilisateur de l'écran ; alors que l'acuité

visuelle est meilleure lorsque l'angle sous lequel est perçu un pixel est réduit, on a alors tendance à éloigner l'utilisateur de l'écran (cf. Figure 71). De plus, si l'utilisateur se rapproche beaucoup de l'écran plat, il sera gêné par cette proximité et ne verra pas ce qui sera affiché sur les bords. Le calcul de la distance entre l'observateur et l'écran implique donc un juste équilibre entre ces deux réglages et dépend des dimensions de l'écran et de sa résolution.

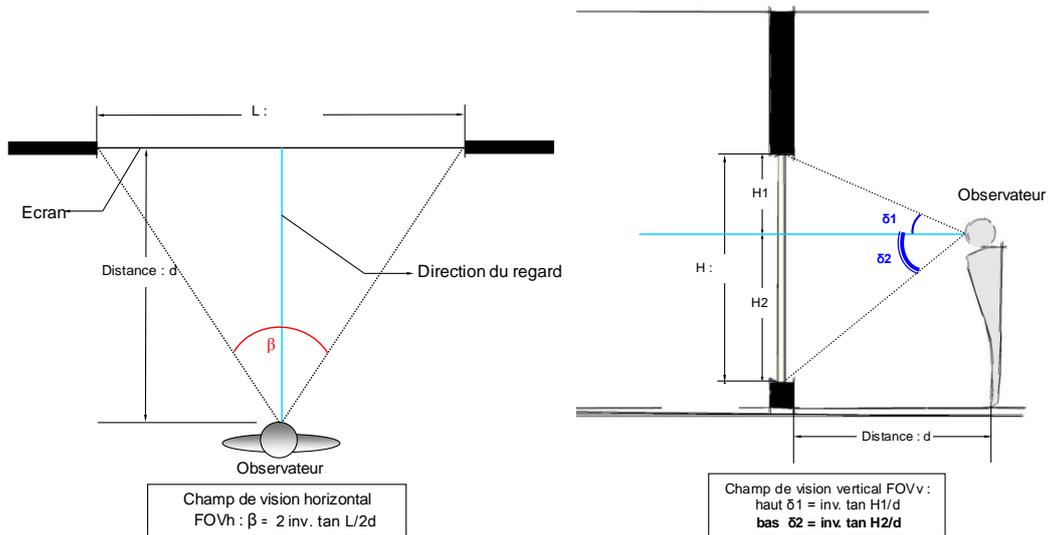


Figure 67 : Schémas pour le calcul des champs de vision horizontal et vertical (source : [Tahrani 2006])

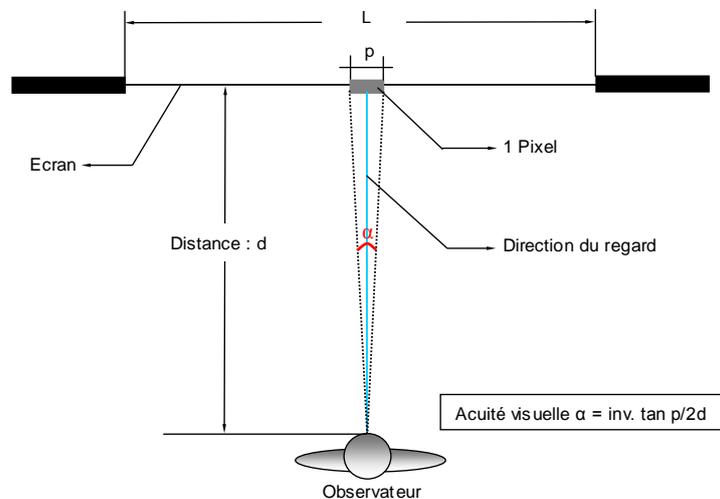


Figure 68 : Schémas pour le calcul de l'acuité visuelle (source : [Tahrani 2006])

Les conditions expérimentales dans les deux salles immersives sont les suivantes :

- *Salle immersive du CERV à Brest* (Figure 69) : l'utilisateur est placé à 1m20 de l'écran ce qui induit un champ visuel horizontal de 90° (dimensions écran : 2.4 x 1.8m) et un pixel de 2.34 mm (résolution de l'écran : 1024 x 768 pixels).

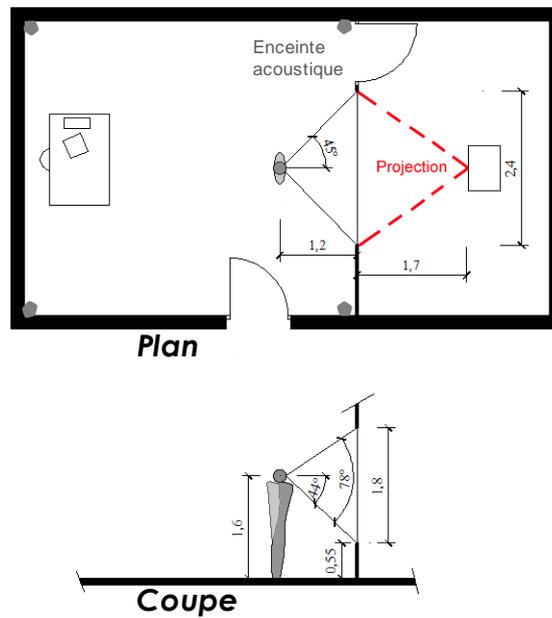


Figure 69 : Schéma expérimental au CERV

- *Salle immersive de la fédération de recherche CNRS 2488 « Institut de Recherche en Sciences et Techniques de la ville (IRSTV) » (IRCCyN – EC Nantes) (Figure 70) : l'utilisateur est placé à 1m50 de l'écran (pour pouvoir placer le vélo) ce qui induit un champ visuel horizontal de 77° (dimensions écran : 2.4 x 1.92m) et un pixel de 1,87 mm (résolution de l'écran : 1280 x 1024 pixels) (Figure 71).*

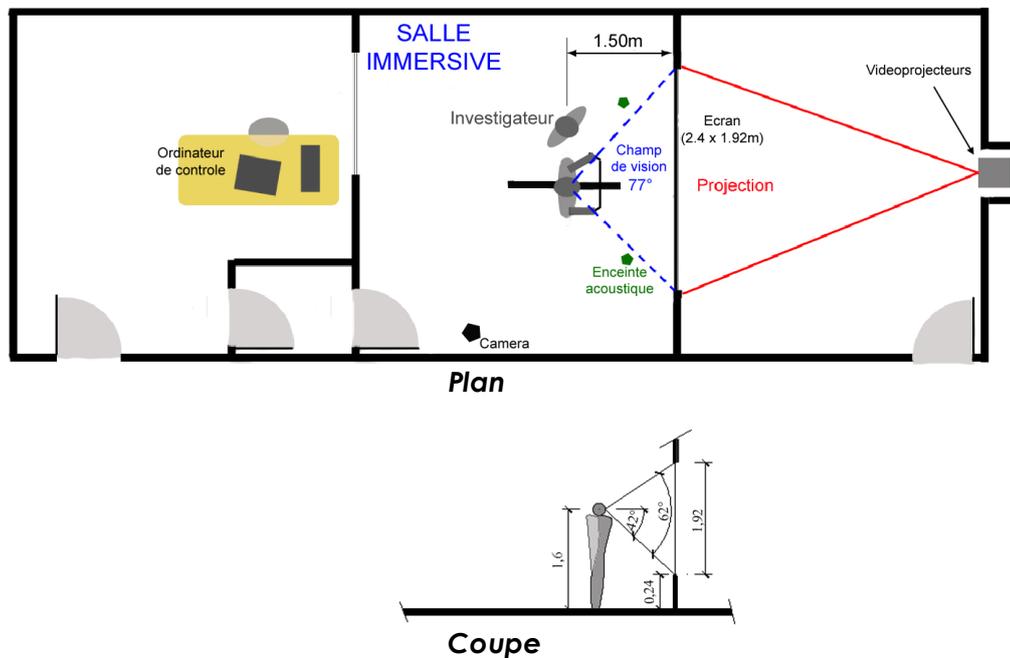


Figure 70 : Schéma expérimental à l'IRCCyN

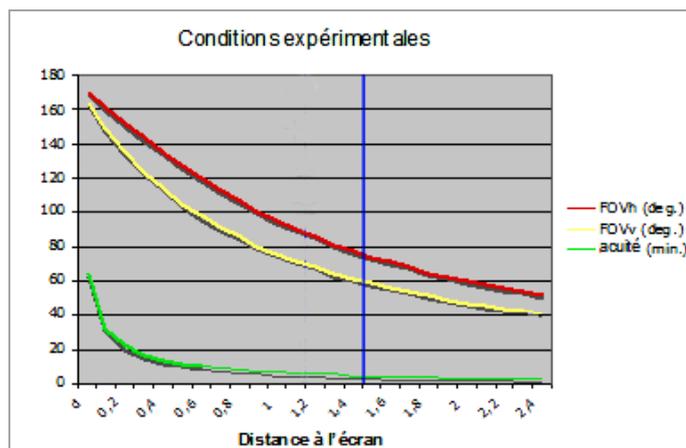


Figure 71 : Les conditions expérimentales à l'IRCCyN : rapports « distance/champs de vision » et « distance/acuité visuelle »

## b/ Immersion sonore

L'impact paysager des éoliennes est essentiellement visuel et sonore. L'ambiance sonore est donc importante dans l'évaluation sensible d'un paysage éolien. Pour retrouver cette ambiance sonore dans le virtuel, nous avons fait appel à des acousticiens<sup>15</sup> pour faire des prises sonores sur site (25/02/08 à 15h ; vent : N-E /35-55 km/h ; rotation pales : 19 tours/mn) (Autorisation pour faire les prises sonores en Annexe 6b). Ces prises sonores avec un microphone cardioïde (la direction frontale est privilégiée) ont concernées les éoliennes (en bas de l'éolienne 1 et 3), le vent dans les arbres, le trafic routier de la D26 et l'ambiance sonore du parcours 2 (oiseaux, vent et trafic routier). Ces sons ont été restitués à 65 dB(A) (niveau sonore sur site le jour de la prise de son) et ont été par la suite intégrés dans Virtools (Expérimentation 1 et 3)<sup>16</sup> et ARéVi<sup>17</sup> (Expérimentation 2)<sup>18</sup>. Dans le cas du bruit des éoliennes, les prises sonores sur site correspondent à une vitesse de rotation des pales de 18 tours/mn (vent fort : 35-55 km/h) alors que nous avons préféré utiliser une vitesse moyenne de 12 tours/mn et éviter ainsi les cas extrêmes de perception sonore ; ce changement de vitesse de rotation a été possible grâce à la fonction « pitch » dans les deux programmes utilisés (Virtools et ARéVi). Cette fonction permet de « ralentir » le bruit aérodynamique (pale/vent) produit par le passage de la pale au niveau du mât. Cette synchronisation sonore « rotation des pales/bruit des pales » a été réalisée par tatonnement. Un bouclage des sons (surtout pour les éoliennes) a aussi été nécessaire afin qu'ils soient répétés sans effet de coupure.

Nous savons que le son enregistré à l'extérieur et dans un espace ouvert sera perçu différemment dans une salle immersive fermée. En effet, la géométrie et la texture de l'environnement sont différentes et réfléchissent donc différemment le son. Le traitement du son est très difficile parce qu'en plus de la géométrie et de la texture, la restitution sonore dépend de la position des sources dans l'espace et de la position de l'auditeur (cf. paragraphe 2.4.1). Ces paramètres ne pourront pas être gérables dans une salle immersive de la même manière que dans le parc réel, l'immersion

<sup>15</sup> Vincent Koehl et Mathieu Paquier ; Acousticiens, Maîtres de conférence à la Faculté des Sciences de Brest et chercheurs au CERV.

<sup>16</sup> Nous rappelons que tout le travail sur Virtools a été élaboré par Davy Salerne (cf. paragraphe 5.3.1).

<sup>17</sup> ARéVi (Atelier de Réalité Virtuelle) est une librairie développée par le CERV sous License LGPL. Elle est principalement utilisée sous Linux afin de concevoir des applications à base d'agents autonomes dans des environnements 3D.

<sup>18</sup> Nous rappelons que tout le travail sur ARéVi a été élaboré par Ronan Querrec (cf. paragraphe 5.3.1).

sonore sera donc différente. C'est pour cela que suite à des tests sonores dans les salles immersives respectives, nous avons préféré ne pas restituer tous les bruits de la scène : dans le monde virtuel modélisé, la végétation est immobile et la sensation du vent et de son bruit est absente contrairement au site réel, nous avons donc évité de restituer ces sons. De plus, nous avons essayé de régler dans les salles le volume des sons (par rapport à notre propre expérience du site de Plouguin) afin d'approcher la situation réelle. Les ambiances sonores ainsi rendues ne sont pas objectives et ne correspondent pas aux conditions du site réel mais elles ont été suffisantes pour notre approche (les résultats de l'expérimentation 1, considérée comme une pré-enquête, ont été satisfaisants).

Dans le parcours 1, nous avons associé 3 sons à 3 objets : le son « pales » aux pales, le son « voitures » à la route derrière le parcours et le son « oiseaux » à un point central de la scène virtuelle. Dans le parcours 2, nous avons associé le son « voitures » à la route derrière le parcours et le son « oiseaux » à un milieu central de la scène. Dans les deux parcours, ces sons ont une « sphère d'influence » où le son décroît avec la distance (du centre jusqu'aux frontières de la sphère) (Figure 72). La spatialisation du son dans la salle immersive s'est opérée : 1/ à Brest grâce à 4 haut-parleurs placés dans les coins de la salle mais la position proche de l'utilisateur par rapport à l'écran favorise les 2 enceintes acoustiques à côté de l'écran de projection (cf. Figure 69) ; 2/ à Nantes, grâce à deux haut-parleurs que nous avons placés devant le vélo (cf. Figure 70).

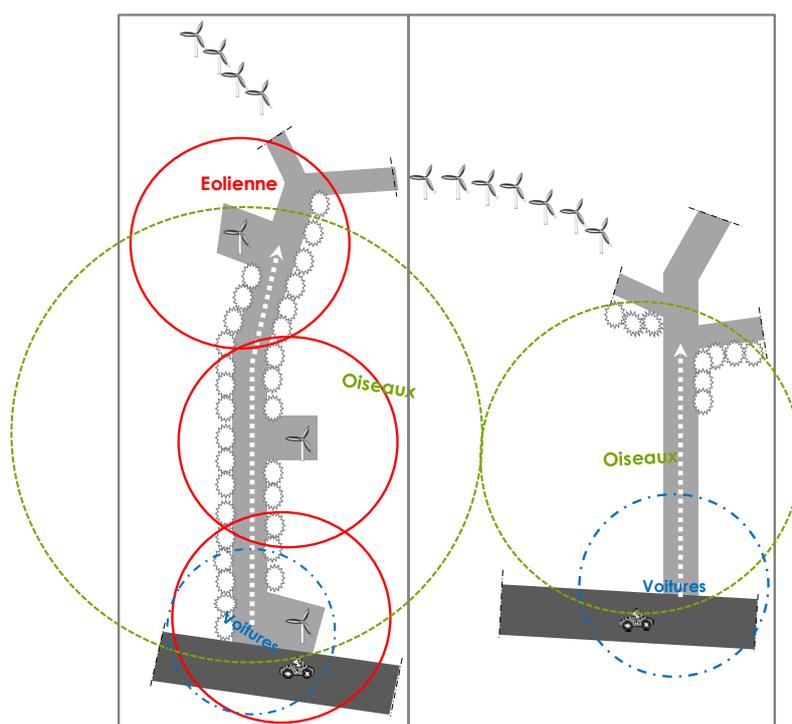


Figure 72 : Répartition spatiale des « sphères d'influence » des sons intégrés dans le modèle virtuel

### 5.3.1.3 Protocole d'interaction

L'interaction avec le monde virtuel concerne deux PCV principales : celle d'observation et celle de déplacement. L'observation implique l'exploitation du schème « observer visuellement » (bouger les yeux et la tête) alors que le déplacement implique l'exploitation du schème « marcher » puisque

nous avons choisi un déplacement piétonnier pour nos enquêtes. En se référant au paragraphe 2.2.2.2 sur les interfaces motrices, nous avons étudié différentes solutions existantes sur le marché pour les deux types d'interaction :

- *Exploitation du schème « observation visuelle »* : dans le réel, « observer » une scène revient à déplacer son regard et sa tête. L'interface motrice la plus naturelle pour ce schème est le capteur de tête mais il ne convient pas à notre écran plat : l'utilisateur ne doit pas tourner la tête pour ne pas se retrouver face au mur ! Nous devons donc avoir recours aux autres interfaces motrices pour l'observation qui se valent pour cette action (souris, joystick, Wiimote, etc.) puisque dans chaque cas, l'utilisateur doit agir sur l'interface pour pouvoir actionner le mouvement de la caméra et changer de point de vue.
- *Exploitation du schème « marcher »* : dans le réel, « marcher » implique des signaux visuels et d'autres non-visuels (cf. paragraphe 2.4.2). Les signaux non-visuels (proprioception, système vestibulaire) produits par le mouvement physique sont généralement difficiles à rendre : il faut utiliser un tapis roulant 2D, le Virtusphere ou un tricycle [Allison *et al.* 2002]. Le premier cas est une solution chère qui n'est pas disponible dans notre entourage. Le deuxième cas est aussi une solution chère qui a recours à un visiocasque et qui nécessite en plus un espace de déploiement aussi grand que l'espace simulé ce qui n'est pas le cas des deux salles immersives que nous allons utiliser. Le troisième cas est une solution abordable mais qui a recours à un visiocasque et qui nécessite un espace de déploiement aussi grand que l'espace simulé. En ce qui concerne les signaux visuels, ils sont facilement restitués par des interfaces motrices telles que la souris, le joystick ou une Wiimote.

Les trois expérimentations que nous proposons ont des protocoles d'immersion très proches contrairement aux protocoles d'interaction. En effet, la complexité de la restitution du mouvement *in vitro*, nous a incité à étudier l'effet de différents moyens d'interaction sur l'étude du paysage : quels sont les critères d'interaction les plus importants pour l'expérience paysagère immersive, multisensorielle et dynamique ? Quel rôle l'interaction joue-t-elle dans la restitution du paysage ? Pour pouvoir y répondre, nous proposons trois différents protocoles d'interaction :

- *Un monde virtuel immersif sans interaction* : afin de rendre compte du rôle de l'interaction *in vitro*, nous avons choisi d'expérimenter le monde virtuel en immersion seulement. La comparaison de cette solution aux autres expérimentations interactives, nous aidera à évaluer les informations sensibles que nous perdons lorsqu'il n'y a pas d'interaction avec le monde virtuel. Cette enquête a aussi servi de pré-enquête à nos études virtuelles afin de tester les effets du dispositif d'immersion visuelle et sonore sur l'utilisateur et d'identifier les éventuels problèmes (distance par rapport à l'écran, modélisation du monde virtuel, dispositif sonore, etc.) ;
- *Un monde virtuel immersif avec lequel l'utilisateur interagit via une Wiimote* [Jallouli *et al.* 2008a] : cette solution intermédiaire a un double rôle : comparé à l'expérimentation sans interaction, elle rend compte de ce que l'action de l'utilisateur sur son propre mouvement peut apporter à l'expérience paysagère. A contrario, comparé à l'expérimentation du vélo, elle rend compte des informations sensibles manquantes par rapport à une interaction avec un mouvement physique (stimulation des muscles grâce au vélo). Elle a aussi servi de pré-enquête à l'expérimentation vélo afin d'améliorer encore plus notre modèle et nos dispositifs immersifs et interactifs ;
- *Un monde virtuel immersif avec lequel l'utilisateur interagit via un vélo* [Jallouli *et al.* 2008] : cette solution a été choisie essentiellement pour ses capacités de restitution du mouvement physique. Elle rend compte des apports du mouvement physique naturel *in vitro* par rapport au mouvement par stimulation visuelle. Nous émettons l'hypothèse que cette expérimentation

est celle qui se rapproche le plus de l'expérience paysagère immersive, multisensorielle et dynamique. Elle est donc la seule à être comparée à l'enquête *in situ*.

La construction de chaque protocole d'interaction s'est effectuée comme suit :

- **Sans interaction** : L'animation 3D préparée sur Virtools a été projetée sur l'écran (immersion visuelle et sonore). La caméra (yeux de l'observateur) a été placée au centre du chemin à 1m60 du sol virtuel ; elle suit une ligne virtuelle à une vitesse de 5 km/h ;
- **Interaction Wiimote** : Cette solution a été implémentée par Ronan Querrec sur ARéVi. L'utilisateur interagit avec le monde virtuel grâce à une Wiimote qui commande une caméra virtuelle représentant les yeux de l'utilisateur. La caméra suit une ligne souple placée au centre du parcours et à 1m60 du sol virtuel (la ligne ne s'approche pas des éoliennes dans le parcours 1). L'utilisateur peut se déplacer jusqu'à 1m50 à droite et à gauche de la ligne, nous avons opté pour cette limite afin que l'utilisateur ne « sorte » pas du chemin dans le parcours 1 et de la route dans le parcours 2. La caméra permet aussi d'orienter le regard en mode « arrêt » ou « observer » et d'avancer en mode « déplacement » (vitesse de 5 km/h). La Wiimote gère les actions d'observation et de déplacement (Figure 73) ;



Figure 73 : Schéma d'utilisation de la Wiimote dans le monde virtuel

- **Interaction avec Vélo** : cette solution a été développée par Davy Salerne sur Virtools (Figure 74). Elle est adaptée aux dimensions d'une salle immersive (le vélo est immobile, il peut parcourir plusieurs kilomètres dans le monde virtuel) et économique car, hormis le vélo, nous utilisons trois souris mécaniques qui commandent l'interaction de l'utilisateur avec le monde virtuel : le déplacement moteur et les changements du champ de vision (Figure 75). Tout d'abord, la souris 1 récupère la rotation de la roue grâce au « rouleau de l'axe Y de la souris » (translation suivant Y), ce déplacement est transmis à Virtools (translation suivant Y) (Figure 76). Ensuite, la souris 2 permet de regarder en haut/bas : l'utilisateur doit s'arrêter de pédaler et déplacer manuellement la molette de la souris 2 (rotation autour de X). Enfin, la souris 3 récupère la rotation du guidon grâce au « rouleau de l'axe X de la souris » (translation suivant X), ce déplacement est transmis à Virtools (rotation suivant Z), il permet à l'utilisateur deux actions : l'utilisateur tourne le guidon à droite et à gauche pour changer de direction lorsqu'il pédale ou pour regarder à droite et à gauche lorsqu'il est en arrêt (Figure 77).

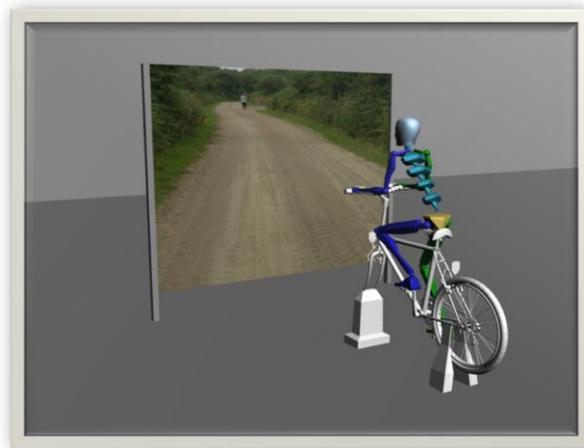


Figure 74 : Interaction vélo : proposition de départ (source : Rapport de stage D. Salerno)

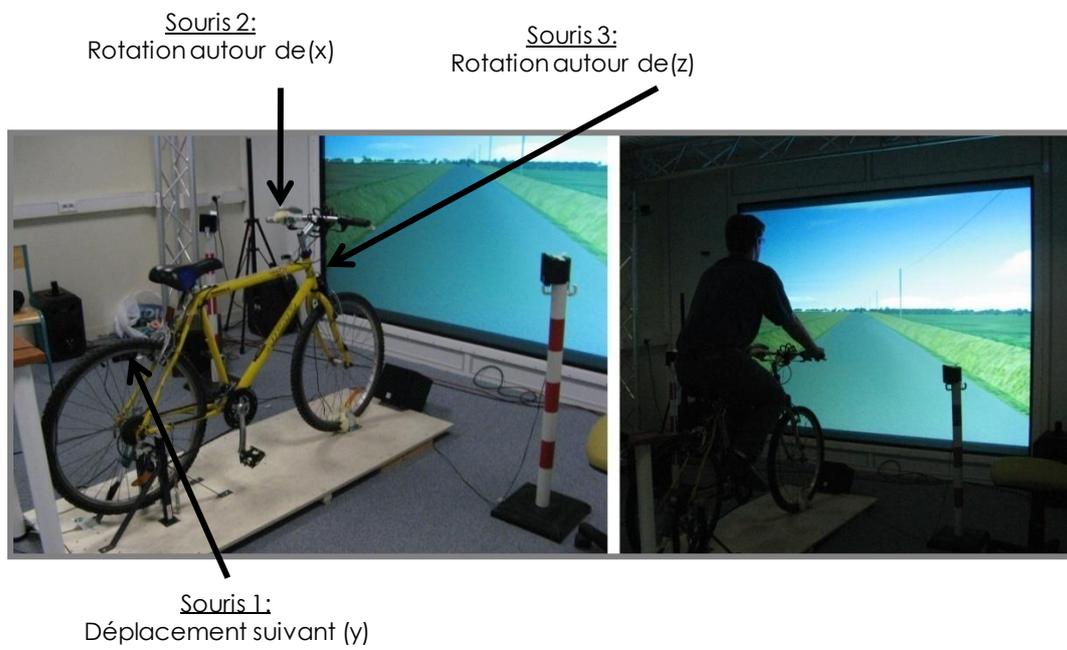


Figure 75 : Interaction vélo : proposition finale

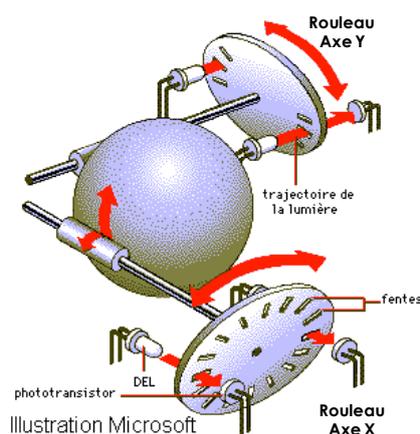


Figure 76 : Mécanisme de la souris mécanique (source : www.microsoft.com)



Figure 77 : Implantation des trois souris mécaniques (à boule)

Nous savons que l'utilisation du vélo et de l'action de pédaler diffèrent des conditions pédestres *in situ* principalement parce que le changement de vitesse influence la lecture du paysage et donc la perception. C'est pour cela que nous avons limité la vitesse du vélo à un maximum de 7 km/h (pour se rapprocher de la vitesse de la marche qui est de 4-5 km/h). En revanche, la posture de l'utilisateur sur le vélo nous permet de limiter ses mouvements de tête : l'action « regarder à droite et à gauche » est limitée par la rotation du guidon (sans le guidon, la personne voudrait tourner la tête, il se retrouverait ainsi face au mur !) et l'action « lever la tête » est limitée par la position penchée de l'utilisateur sur le vélo type VTT (sans cette position, l'utilisateur aurait tendance à lever la tête pour regarder le haut des éoliennes et se retrouverait face au plafond !).

### 5.3.2 Protocole expérimental des études sensibles *in vitro*

Les enquêtes *in vitro* se sont déroulées au printemps 2008. L'expérimentation 1 n'a concerné que 10 participants parce qu'elle fait office de pré-enquête à notre étude. L'expérimentation 2 a concerné 27 participants qui habitent Brest et ses alentours, la majorité ont vu des éoliennes auparavant mais de loin. L'expérimentation 3 a concerné 19 participants de Nantes, certains ont déjà vu des éoliennes. Nous avons volontairement évité de faire participer les habitants de Plouguin à nos enquêtes *in vitro* parce que leur familiarité avec le parc et avec les parcours peut avoir des conséquences non désirées : l'habitant cherchera à comparer le réel qu'il connaît et où il vit

(mémoire) au virtuel construit (immédiat), ce qui l'empêchera de se sentir présent et immergé dans le monde virtuel et de répondre à notre objectif de caractérisation de l'expérience paysagère. C'est ce que nous avons pu constater dans une étude virtuelle passée ([Tahrani 2006], [Jallouli 2004]).

Un dictaphone est utilisé pour récolter les commentaires des enquêtés et dans les expérimentations 2 et 3, nous avons opté aussi pour un enregistrement vidéo de l'utilisateur et de son comportement (cf. Figure 70). Chaque participant est interrogé individuellement ; c'est-à-dire qu'il est introduit seul dans la salle immersive et il est placé à la distance souhaitée de l'écran (immobile ou au-dessus du vélo). Nous lui remettons le dictaphone (autour du cou) et nous lui expliquons ce qui lui est demandé : *s'exprimer oralement sur tout ce qui attire son attention, tout ce qu'il ressent, tout ce qu'il voit, entend, etc.* Ensuite, nous lui montrons les différentes manipulations à faire avec la Wiimote ou le vélo pour naviguer dans le monde virtuel. Une fois que le participant est prêt, nous activons le dictaphone, le caméscope et l'application *in vitro* pour démarrer l'expérience. Pour certains participants, la mise en parole de leur perception peut être difficile alors nous essayons dans ce cas de réactiver le discours par des questions ouvertes : « *qu'est-ce qui attire votre attention ?* », « *qu'est-ce que vous faites ?* », « *pourquoi vous regardez dans cette direction ?* », etc. A la fin du parcours, le même entretien directif du *in situ* est effectué *in vitro* (sur l'objet « éolienne ») : « *comment décririez-vous l'objet à quelqu'un qui n'en a jamais vu ?* », « *comment qualifiez-vous le bruit des éoliennes ? A quel bruit du quotidien vous fait-il penser ?* », « *quelle est la hauteur de cette éolienne à votre avis ?* », « *quels premiers adjectifs vous viendraient-ils à l'esprit en regardant l'éolienne ?* ». Cet entretien permettra de comparer quantitativement la caractérisation de l'éolienne *in situ/in vitro*.

Enfin, le participant change de salle afin de répondre au questionnaire qui a été amélioré suite à l'enquête *in situ* (les questions qui n'ont pas donné de résultats concluants dans le *in situ* ont été supprimées et celles pertinentes ont été améliorées dans leur formulation). Il comprend les mêmes questions sur la perception du paysage et des éoliennes que le questionnaire de l'enquête *in situ* (cf. paragraphe 5.2.1.2) ainsi que des questions propres à l'expérience virtuelle (chaque expérimentation a des questions adaptées) afin de récolter l'avis des participants sur la modélisation, le dispositif d'immersion et celui d'interaction mis en place à chaque expérimentation (Annexe 3a ; Annexe 4a). Chaque enquête a nécessité 45 mn environ. Les commentaires enregistrés sont transcrits fidèlement. Nous avons analysé le discours en même temps que la transcription et le visionnage des enregistrements vidéo afin de correspondre les actions de l'utilisateur avec son discours et de croiser les résultats.

# CONCLUSION

La méthode immersive, multisensorielle et dynamique que nous proposons pour étudier le paysage sensible s'interroge, nous le rappelons, sur sa mise en place à deux niveaux : en amont du projet, à la phase de l'analyse du paysage et en aval du projet, à la phase de la médiation paysagère afin de représenter le projet aux différents acteurs. Afin de répondre à ces deux niveaux du projet, nous avons élaboré dans notre schéma méthodologique, une approche de travail empirique qui a pour but d'aboutir à une méthode d'étude générale et généralisable au paysage. Nous insistons sur le fait que les éoliennes sont un cas d'étude et non un objectif final et donc « les parcours commentés », comme outil d'analyse du paysage, ou « la RV », comme outil de discussion autour du paysage, doivent être universels.

Dans le 4, nous avons discuté notre proposition des parcours commentés, méthode d'étude de l'espace urbain, pour le paysage rural. Ses potentialités d'immersion, de multisensorialité et de perception en mouvement lui permettent d'être la méthode transversale à toutes les enquêtes immersives *in situ* et *in vitro* (quatre enquêtes) que nous aborderons. Nous avons choisi cette transversalité afin d'avoir un protocole expérimental réitératif qui a l'avantage de questionner de la même manière l'utilisateur et sa perception et donc d'articuler tous nos résultats. De plus, cela facilite l'approche analytique des données sensibles récoltées. Le schéma méthodologique abordé suggère cinq enquêtes dont l'objectif ultime est la validation de la RV comme outil d'étude sensible du paysage. Notre approche virtuelle répond à différents niveaux d'immersion et d'interaction afin de justifier la nécessité des conditions d'immersion, d'interaction et de mouvement pour l'expérience paysagère et pour l'outil de représentation et de discussion du projet paysager.

Dans le 5, nous avons détaillé les étapes préalables que nous avons effectuées en amont des expérimentations. Dans un premier temps, notre site d'investigation a été analysé selon les différents niveaux de perception correspondants aux trois plans visuels de tout paysage (premier plan, plan intermédiaire et arrière-plan). Deux parcours d'étude sont retenus afin d'être évalués dans nos enquêtes immersives. Dans un deuxième temps, les protocoles expérimentaux de l'enquête par entretien et de l'enquête par les parcours commentés *in situ* ont été exprimés. Dans un troisième temps, nous avons abordé la mise en place de l'étude sensible *in vitro* ; elle a nécessité la conception pragmatique du système de RV et le protocole expérimental correspondant. Trois expérimentations sont proposées pour atteindre et justifier les apports de la méthode immersive, multisensorielle et dynamique dans l'étude du paysage virtuel.

Dans la troisième partie de ce travail de recherche, nous allons mettre en application nos protocoles expérimentaux. Les résultats des différentes enquêtes seront à chaque fois présentés, analysés et discutés : le 6 étudiera les perceptions du contexte réel, le 7 étudiera les perceptions du contexte virtuel. Une analyse comparative fera office de conclusion à chaque chapitre et une discussion des différentes méthodes et des objectifs sera présentée en 8.



---

**TROISIEME PARTIE :**  
**Approche Expérimentale**

---



# INTRODUCTION

La démarche expérimentale que nous avons décidé d'aborder pour valider nos deux propositions correspondant aux deux niveaux du projet (la méthode des parcours commentés pour la phase d'analyse du paysage et la RV comme outil pour la médiation paysagère) s'effectue en trois étapes :

- *Deux enquêtes in situ* (6) : les entretiens et les parcours commentés ont pour principal objectif d'identifier l'expérience paysagère en caractérisant et en contextualisant la perception des usagers. La comparaison entre les résultats de ces deux enquêtes a pour but de valider la méthode urbaine des parcours commentés comme outil d'analyse sensible du paysage (en amont du projet). Elle pourra ainsi répondre à notre proposition 2 de la problématique (cf. CONCLUSION : PROBLEMATIQUE de la Partie 1).
- *Trois enquêtes in vitro* (7) : elles ont aussi pour principal objectif de caractériser et de contextualiser les perceptions des usagers. En second lieu, la comparaison entre les résultats de ces trois enquêtes a pour but d'évaluer d'une part, les potentialités de l'interactivité dans la restitution de la perception visuelle, sonore et en mouvement et d'autre part, les conditions de mise en place de cette interactivité dans un système de RV ;
- *Comparaison in situ/in vitro* (8) : notre objectif final est de déterminer les potentialités de la RV dans la restitution de l'expérience paysagère immersive, multisensorielle et dynamique. Cette étape essaiera de valider notre proposition 1 de la problématique (cf. CONCLUSION : PROBLEMATIQUE de la Partie 1) qui a aussi pour but d'évaluer la RV comme outil de discussion entre les acteurs de la médiation dans le projet.

L'échantillon des différents participants – transversalement entre toutes les enquêtes – n'a pas pour ambition d'être statistiquement représentatif. Il est construit progressivement, en fonction des volontaires rencontrés, excepté les enquêtes *in situ* où nous avons cherché dans l'enquête des entretiens à diversifier les points de vue des acteurs du paysage et dans celle des parcours commentés à équilibrer le nombre des participants entre habitants et visiteurs (nous expliquerons dans le paragraphe 6.2.2.1 nos motivations pour ce choix). Suite aux entretiens, nous avons aussi évité de faire participer les personnes hostiles aux éoliennes (leur point de vue négatif influence leur perception) ; tandis que dans les enquêtes *in vitro*, nous avons évité les personnes qui ont effectué l'enquête dans le réel parce que ceci réduit leur sentiment de présence dans le milieu virtuel en comparant le modèle virtuel au monde réel [Tahrani 2006].



## Chapitre

# 6

# ÉTUDE PAYSAGERE SENSIBLE *in situ*

Dans ce chapitre, nous allons étudier le paysage des éoliennes sur site grâce à une méthode immersive basée sur le parcours – la méthode des parcours commentés – où l'observateur interagit directement avec l'environnement. Dans un premier temps et afin d'évaluer le potentiel qu'offre cette approche, une première enquête non-immersive et non-interactive basée sur des entretiens semi-directifs est d'abord effectuée avec différents acteurs du projet éolien (section 6.1). Cette approche fait office de « pré-enquête ». Dans un deuxième temps, l'approche immersive combine perception et mouvement de l'observateur afin de caractériser et de contextualiser les impacts (section 6.2). Deux parcours différents, correspondants aux deux « aires de perception » les plus pertinentes pour notre site de Plouguin, sont étudiés. Dans un troisième temps, la comparaison entre les deux enquêtes (résultats et méthodes d'approche) discutera l'usage des méthodes immersives, intersensorielles et dynamiques pour analyser l'expérience paysagère (section 6.3) et la conclusion (section 6.4) traitera des perspectives qu'ouvrent nos résultats.

## 6.1 Etude « non-immersive » : les entretiens

### 6.1.1 Introduction

Le débat sur le thème des éoliennes est aujourd'hui très répandu parmi le grand public parce qu'il existe un intérêt croissant pour les énergies renouvelables et une appréhension positive de la production d'électricité verte. Toutefois, les éoliennes ont un effet médiatique contraire qui concerne leur « atteinte » au paysage visuel et sonore. Nous avons établi notre première enquête *in situ* en nous interrogeant sur cette controverse impliquant les impacts des éoliennes sur le paysage : qu'en pensent les populations concernées par les éoliennes ? Quels sont les impacts perçus du point de vue des usagers ? Quelle notion de « paysage » les éoliennes sont-elles en train de « modifier » ?

Cette étude a donc pour objectif de comprendre les enjeux socioculturels d'un parc éolien – et en particulier celui de Plouguin – et de déceler les impacts majeurs des éoliennes dans le discours des enquêtés. Elle va aussi nous permettre de caractériser la perception mémorisée du paysage des éoliennes (sans immersion, sans contexte et sans mouvement). Le caractère litigieux de ce parc (cf. section 5.1) est intéressant pour notre enquête puisqu'il permet d'avoir une variété d'appréciations et de représentations du paysage et du parc éolien. Nous avons aussi consulté le dossier d'Etude d'Impact du projet JUWI à la mairie afin d'analyser le discours du spécialiste qui a étudié les impacts du parc : en ce qui concerne l'étude paysagère du site, le spécialiste insiste sur le fait que

Plouguin n'est pas un « paysage » parce qu'il n'y a pas de sites remarquables ou protégés dans les environs ; cela justifie selon lui l'implantation des éoliennes à Plouguin, site agricole « banal ».

La grille des entretiens semi-directifs (Annexe 1a) que nous avons préparée pour nos interviews incluait différentes thématiques : le rapport de l'interviewé au site et à l'objet « éolienne », son quotidien avec les éoliennes, sont point de vue sur l'environnement et le paysage de Plouguin. Les discours recueillis ont été ainsi diversifiés. Selon la méthode de *l'analyse des discours*, nous les avons thématiques suivant plusieurs critères :

- Ils ont tout d'abord été classés selon le type de rapport qu'entretient l'interviewé avec l'environnement (l'influence de ce rapport sur les propos de l'interviewé ; exemple : le rapport « utile » de l'agriculteur à la terre et au paysage de Plouguin) ;
- Une deuxième analyse des discours a dégagé les commentaires liés à notre sujet d'investigation à savoir « les éoliennes » et « le paysage » et leur interrelation – ou non – dans le discours ;
- Une dernière analyse a exploré les spécificités du discours sur les éoliennes (les impacts perçus et mémorisés).

## 6.1.2 Résultats

### 6.1.2.1 Résultats liés au « rapport de l'interviewé à l'espace environnant »

Les entretiens semi-directifs ont été délibérément élaborés avec 8 acteurs différents de l'éolien (cf. paragraphe 5.2.1.1). La fonction, les intérêts et le parti pris de l'interviewé par rapport au paysage et aux éoliennes ont une influence sur son discours. Une première analyse du discours a donc été établie par rapport à ces critères. Elle a révélé trois discours différents sur les éoliennes en fonction du rapport de l'interviewé au site et à l'environnement. Ces catégories de « rapport au site » influencent la perception du parc :

- Un rapport d'ordre « **naturel** » : il concerne essentiellement les nouveaux ruraux ou les urbains, retraités et actifs, qui sont venus s'installer à Plouguin pour son caractère naturel et surtout pour échapper à la ville et à ses pollutions visuelles et sonores. Ils sont venus chercher les espaces verts, la pureté de l'air, la proximité du littoral et le calme. Une minorité parmi eux contestent les éoliennes parce que ce sont des objets manufacturés et bruyants (« *Je n'entends plus le chant des oiseaux !* ») en inadéquation avec le caractère naturel de leur environnement immédiat (« *Je suis venu chercher la nature. Maintenant, les éoliennes gâchent le paysage !* »). Ces personnes confondent « nature » et « paysage » : Plouguin est pour eux un « paysage » depuis que des éoliennes sont venues s'installer dans leur environnement ;
- Un rapport d'ordre « **fonctionnel** » (un rapport de production) : il concerne généralement les habitants autochtones de Plouguin. Leur environnement quotidien est leur lieu de travail. Il est ordinaire, ce n'est ni un paysage ni un site naturel [Roger 1994] (« *Le paysage de Plouguin est banal. Il n'y a pas de paysage à protéger dans la commune* »). La majorité de ces habitants est indifférente aux éoliennes parce que ces dernières représentent un objet de production supplémentaire dans leur environnement déjà lieu de production par ses activités agricoles (« *Il n'y a pas de prise en compte de l'environnement ni de paysage à Plouguin... Les sites pittoresques des environs sont la Vallée des Moulins et le littoral* ») ;

- Un rapport d'ordre « **esthétisant** » : il concerne essentiellement les spécialistes de l'environnement qui ont une expérience savante du paysage, un recul par rapport au site et une aptitude à prévoir les impacts directs et indirects, à court et à long terme. Ils se composent des « conservateurs » d'un paysage pittoresque à préserver (« *On demande des zones pour les éoliennes, là où elles ne génèrent pas les gens et le paysage... Le problème du parc de Ploumoguer par exemple c'est sa co-visibilité avec le parc éolien de Plouarzel et le Conquet (site emblématique pour la Bretagne)* ») et « d'écologistes » qui prônent les énergies renouvelables même s'ils reconnaissent que les impacts des éoliennes sur le paysage existent (« *La plupart des gens pensent défiguration des paysages et nuisances sonores... On ne les conteste pas, on essaie de leur rappeler les avantages de l'éolien...* »).

Nous remarquons dans cette classification que d'une part, les acteurs du projet éolien ne sont pas coupés en deux (des pro-éoliens et des anti-éoliens) mais qu'au contraire, il y a une majorité de personnes qui est indifférente aux projets éoliens, qui ne s'exprime pas et qui n'est pas médiatisée. D'autre part, les anti-éoliens ne sont pas seulement des habitants qui vivent à côté des parcs d'éoliennes [Pedersen *et al.* 2008] mais aussi des spécialistes « conservateurs » d'un certain paysage emblématique à protéger visuellement. Ces conservateurs éloquents s'engagent dans des associations de préservation de l'environnement afin de défendre leurs idées.

### **6.1.2.2 Résultats liés aux sujets d'étude : les éoliennes et le paysage**

Cette deuxième analyse est fondée sur les commentaires qui ont eu un rapport direct ou indirect avec l'environnement de Plouguin (quel est l'environnement de Plouguin et comment le décrit-on ?) et avec les éoliennes de Plouguin (comment décrit-on les éoliennes ? Quel rapport l'interviewé entretient-il avec le parc ?). Les appréciations d'une *éolienne*, d'un *paysage* mettent en évidence deux discours opposés :

- **L'éolienne** : pour ceux qui sont favorables aux éoliennes, l'objet est perçu comme *esthétique, élégant, agréable*, il anime le paysage (« *Je les trouve agréables à voir, comme des mannequins* »). De près, le chemin aux pieds des éoliennes est une promenade pour les touristes mais aussi pour les habitants de Plouguin (« *Le site avant les éoliennes n'attirait pas les gens, n'était pas pittoresque. Avec les éoliennes, il est plus fréquenté* » ; « *Il y a beaucoup de promeneurs maintenant, avec la création du chemin de jonction entre les 7 éoliennes. Moi-même, je me promène parfois dans le chemin les dimanches matin* ») ; et de loin, l'éolienne est un repère visuel à terre comme en mer (« *quand on les voit de loin, on sait qu'on s'approche de chez nous...* »). Les habitants les plus proches du parc s'informent sur l'orientation et la force des vents grâce à la direction des pales et à leur vitesse de rotation. Dans ce sens, les éoliennes sont un « emblème territorial » et un objet d'appropriation. En revanche pour ceux qui ne sont pas favorables aux éoliennes, l'objet est perçu comme industriel, dominant, géant et il gâche l'harmonie du paysage (« *L'objet éolienne n'est pas choquant pour les gens autant que son impact sur l'environnement* » ; « *Avant le parc éolien, je me promenais dans les champs en vélo tout le temps mais depuis les éoliennes, je n'y vais plus* »). Ces opposants ne regrettent pas la dégradation du paysage mais celle de la nature. La visibilité des éoliennes du site des Abers – site emblématique pour eux – est une pollution.
- **Le paysage de Plouguin** : avant l'implantation des éoliennes, lorsqu'on parlait de Plouguin, on n'évoquait pas un paysage mais plutôt un plateau agricole. Dans la mémoire collective, le « paysage » est nécessairement esthétique et « beau » et donc ce qui est « paysage » dans les alentours de Plouguin appartient à la Vallée des Moulins, aux Abers et au Littoral (« *Les sites pittoresques et importants pour la population de Plouguin sont le Menhir, la Vallée des*

*Moulins, la vue sur les Abers, la rivière vers les Abers,... »). Avec l'implantation des éoliennes, le discours est resté le même pour la majorité des habitants car les éoliennes ont apporté un symbole et une affirmation au lieu (« *Plouguin a un paysage banal alors que maintenant, on commence à situer Plouguin par rapport aux éoliennes* »). Mais pour certains, un discours « paysager » s'est installé : Plouguin est devenu un « paysage » qui est défiguré par les éoliennes (discours de certains néo-ruraux et de certains spécialistes de l'environnement). Nous pouvons donc déduire que les éoliennes ont révélé une dimension esthétique de l'environnement de Plouguin qui n'existait pas avant.*

### **6.1.2.3 Résultats liés aux impacts des éoliennes sur le paysage**

Les discours des interviewés ont montré que l'impact majeur des éoliennes est visuel, l'impact sonore a été moins exprimé dans les entretiens :

- **Impact visuel** : la caractéristique de l'éolienne qui est la plus citée dans le discours est celle relative à l'échelle. En ce qui concerne certains habitants proches, les éoliennes sont gênantes parce qu'elles sont hors échelle et donc impressionnantes ; ils les considèrent même parfois comme une agression au quotidien (« *Les habitants de Kerherhal (hameau à 380 m des éoliennes) se plaignent que les éoliennes soient énormes : elles se voient trop, elles gênent.* »). Pour d'autres, elles étaient gênantes et inhabituelles au début de leur installation, maintenant ils s'y sont habitués : les éoliennes ont intégré leur quotidien (« *Après la mise en place des éoliennes, au début, elles m'attiraient : tous les jours, je les regardais pour savoir l'orientation du vent. Mais après six mois, je les ai oubliées, je ne les regarde plus, elles font partie du paysage quotidien* » ; « *Au début, les populations ont trouvé qu'elles étaient balaises et remarquables, une curiosité qui marque leur paysage quotidien. Aujourd'hui, les éoliennes font partie du paysage de la commune, on s'y habitue visuellement* »). Pour les spécialistes de l'environnement, il y a ceux qui n'apprécient pas la covisibilité des éoliennes avec les sites emblématiques tels que le Menhir, le Littoral ou les Abers ; et il y a ceux qui les trouvent inadéquates au paysage naturel de Plouguin et doivent être placés dans des friches industrielles (« *Les éoliennes doivent être loin des gens et des sites emblématiques et donc pas en Bretagne où il y a des paysages emblématiques et où l'habitat est dispersé* »).
- **Impact sonore** : Quand le vent souffle fort, les habitations situées à moins de 500 m du site et dans le sens des vents dominants (Est/Nord-est) perçoivent le bruit des pales qui brassent l'air. Néanmoins, les nuisances sonores des éoliennes ne sont réellement évoquées et perçues que par une minorité d'habitants qui est confrontée souvent à ce bruit et qui vit dans son refus (« *Le bruit des pales est insupportable, quand ça souffle fort. Je ne peux plus aller dans mon jardin à cause de ça !* » « *... Lorsque ça tourne à 18 tours/minute, c'est l'enfer... A certains moments, c'est comme le vrombissement d'un réacteur sur une piste d'aéroport.* »). Pour la majorité des interviewés, le bruit des éoliennes est plus un sujet polémique – parce que les médias le traitent comme tel – que quelque chose de réellement perçu et caractérisé : aucune description n'est faite sur la nature sonore de ce bruit.

### **6.1.3 Discussion**

Nous rappelons les quatre dimensions du paysage décrites par Droz *et al.* [2005a] (cf. paragraphe 1.1.3) et que nous retrouvons ici dans le discours de nos interviewés : 1/ *Le paysage pratiqué* est celui des autochtones et de ceux qui pratiquent l'espace immédiat et le vivent au quotidien ; 2/ *Le paysage remémoré* est le paysage du souvenir, décrit par la mémoire. Il correspond dans notre cas au paysage « idéal » qui correspond ou bien aux sites emblématiques environnants Plouguin ou alors au

*paysage naturalisé* vécu comme un idéal pour les néo-ruraux ; 3/ Le *paysage naturalisé* est un paysage figé réduit au visible et à la nature qui correspond à la vision de Plouguin pour les néo-ruraux ; 4/ Le *paysage politique* correspond à l'utilisation politique ou l'instrumentalisation du *paysage naturalisé*. Dans notre cas, il correspond aux associations de protection de l'environnement qui « naturalisent » leurs représentations paysagères et les font passer pour « vraies » et légitimes. Le paysage est, dans ce cas, un moyen de mobilisation.

Nos résultats concernant la différenciation « discours des rurbains/discours des autochtones » ont été étudiés et justifiés dans d'autres travaux [Joliveau 2004] ; ce qui nous permet de dire que la problématique sociale des éoliennes dans le paysage n'est pas liée à l'éolienne comme objet mais à des conflits spatiaux d'usage et d'implantation (cf. paragraphe 3.1.4 ; [Molines 2003]) qui peuvent être dus à un défaut de concertation en amont (un groupe social a considéré qu'il n'a pas été écouté) [Lyrette *et al.* 2004] et/ou syndrome NIMBY [Gipe 2001].

Les éoliennes ont suscité une polémique et un discours sur le paysage qui n'existaient pas avant leur apparition, surtout à Plouguin : elles sont donc révélatrices de paysage. Les personnes contrariées par les éoliennes (essentiellement les habitants proches du parc) les ont mises au devant de la scène sociale et médiatique : elles sont un phénomène de société qui s'atténue avec le temps comme l'avait dessiné Wolsink en 1988 (Figure 78). En effet, la majorité des habitants s'est familiarisée dans son quotidien aux éoliennes. Le discours de ces habitants « familiarisés » serait intéressant à confronter au discours de personnes qui ont un point de vue « neuf » sur les éoliennes tel que le discours des visiteurs de passage qui découvrent les éoliennes pour la première fois ou qui ne sont pas habitués à les voir au quotidien (c'est le cas de notre étude immersive *in situ*).

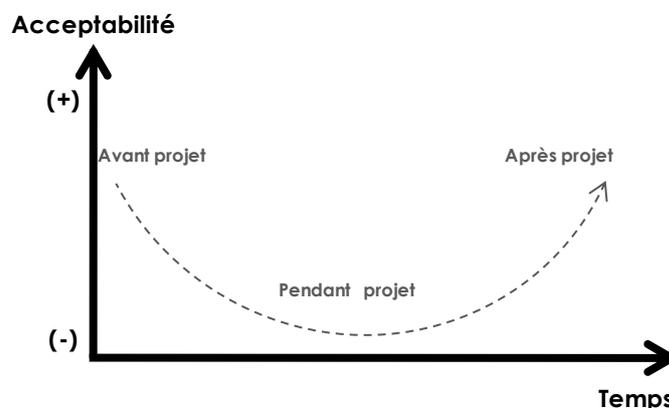


Figure 78 : Acceptabilité du projet éolien dans le temps (source : [Wolsink 1988])

Les entretiens « décontextualisés » ont mis en exergue la perception mémorisée du parc éolien et les caractéristiques paysagères les plus marquantes pour les interviewés. Les caractéristiques visuelles du paysage ont été les plus citées dans le discours ; l'échelle importante de l'objet est la propriété visuelle qui a été la plus mentionnée en ce qui concerne l'éolienne, tandis que les caractéristiques sonores du paysage en général n'ont été mentionnées qu'en termes de « calme » et de « sérénité » par opposition au bruit des éoliennes « insupportable », ces descriptions n'ont été citées que par les habitants dérangés par le parc. Les autres interviewés n'ont évoqué l'impact sonore que par rapport à « ce qui est dit dans la presse ».

Les motivations des acteurs locaux envers le paysage couvrent des préoccupations complexes traduisant un rapport au territoire qui est autant d'ordre esthétique que social et économique. La

méthode des entretiens a donc permis de dégager les plus importantes caractéristiques perçues du paysage de Plouguin et de ses éoliennes. Mais nous pensons que ces informations pourront être plus riches grâce à la méthode immersive des parcours commentés.

## 6.2 Etude « immersive » : les parcours commentés

### 6.2.1 Introduction

En préalable à l'enquête, nous avons essayé de prendre en compte les résultats de l'enquête des entretiens qui nous ont suggéré 1/ d'introduire le paramètre « temps » dans la perception du parc, c'est pour cela que nous avons essayé d'équilibrer notre échantillon de personnes entre habitants et visiteurs et 2/ d'éviter les personnes opposés au parc (cf. paragraphe 5.2.1.2). Les informations concernant la population interrogée (sexe, âge, activité professionnelle) sont en Annexe 5.

L'objectif de l'étude immersive *in situ* est d'identifier l'expérience paysagère en caractérisant et en contextualisant les perceptions (impacts). Suivant le schéma méthodologique que nous avons établi (cf. Section 4.4), notre étude subjective s'est effectuée en deux étapes : 1/ une étape sur site avec l'enquête qui renferme deux études, une étude subjective spontanée (parcours commentés) et une étude subjective orientée (questionnaires) et 2/ une étape au laboratoire où nous avons croisé les résultats de l'étape sur site afin de caractériser et de contextualiser l'expérience paysagère (cf. Section 4.4, Figure 39).

Les commentaires récoltés de l'étude subjective spontanée traduisent les représentations paysagères des participants à l'enquête. Ils ont été classés une première fois suivant deux thèmes (méthode de l'*analyse du discours*) : les éoliennes (caractéristiques visuelles, sonores et autres) et les caractéristiques paysagères de l'espace (Tableau 10). Cette classification nous a vite semblée insuffisante parce que si elle caractérise efficacement *la perception visuelle* et *la perception sonore*, elle reste insuffisante pour caractériser *la perception en mouvement*, identifier les critères propres à l'observateur qui influencent sa perception tels que son *origine géographique* (habitant/visiteur) et son *opinion écologique*, et pour mettre en contexte la perception. La contextualisation met en relief les paramètres de l'environnement qui ont influencé la perception, ils concernent dans notre étude les *formes spatiales* et les *facteurs physiques*. Une deuxième classification a été donc nécessaire pour dégager ces paramètres. Les résultats de l'étude subjective spontanée sont présentés suivant les paramètres de caractérisation et de contextualisation de la perception immédiate.

Caractérisation				
Eoliennes			Paysage	
Visuel	Sonore	Autres	Visuel	Sonore
<i>Quand je regarde les éoliennes, le fait de lever la tête pour regarder les pales et que je reste comme ça, ça me donne le tournis quand même...</i>	<i>Le bruit des éoliennes me rappelle les voitures et le vent dans les arbres... sauf que c'est répétitif...</i>	<b>Souvenirs:</b> <i>ça me rappelle les moulins à vents d'autrefois... au début, on avait peur du bruit mais après 15 jours d'implantation, on n'a plus fait attention à elles...</i> <b>Energie propre:</b> <i>ce qui est intéressant aussi, ce sont les objectifs écologiques de l'objet...</i>	<i>Je regarde aussi le paysage, ce n'est pas comme chez nous où c'est vallonné... on voit assez loin partout...</i>	<i>J'entends les voitures derrière toujours... les petits oiseaux quand il n'y a pas le bruit des voitures...</i>

Tableau 10 : Exemple de classification des commentaires (caractérisation de la perception)

Les commentaires écrits récoltés de l'étude **subjective orientée** traduisent une perception mémorisée. Ils ont été classés suivant trois thèmes : 1/ le paysage : attraction visuelle et sonore dans le parcours ; 2/ les éoliennes : impacts visuel et sonore ; et 3/ les séquences du parcours (image mentale de l'espace). Les deux premiers thèmes caractérisent la perception visuelle et sonore de l'observateur tandis que le troisième thème contextualise la perception puisqu'il permet de dessiner l'influence des formes spatiales et du déplacement de l'observateur dans la lecture spatiale. Les résultats de l'étude subjective orientée sont présentés suivant les paramètres de caractérisation et de contextualisation de la perception mémorisée.

Pour une meilleure lecture des résultats nous avons séparé la caractérisation de la contextualisation de la perception mais cela ne veut pas dire que ce sont deux parties autonomes, au contraire, le contexte nourrit constamment la caractérisation de la perception et vice versa. Cette méthode d'analyse des résultats des deux études subjectives spontanée et orientée a été adoptée dans toutes les enquêtes immersives qui suivront.

## **6.2.2 Résultats de l'étude subjective spontanée (les parcours commentés)**

### **6.2.2.1 Caractérisation de la perception**

Sur site, la perception d'un promeneur est globale et tous les sens interagissent. Quand nous avons demandé à nos enquêtés de verbaliser leurs sentiments et actions (perception), les commentaires se sont principalement rapportés à la perception visuelle (57% des commentaires) et sonore (20%). Pourtant nous avons par exemple noté l'influence de la sensation du vent (perception tactile) sur leur comportement (exemple : accélérer le pas ou tourner le dos au vent). Ceci montre que la verbalisation de la perception est un exercice difficile et inhabituel pour les usagers et que l'analyse des commentaires comme texte brut est insuffisante, c'est pour cela que nos propres observations sur le comportement de l'enquêté ont aussi nourri les résultats de la caractérisation de la perception.

Dans ce qui suit, nous exposerons tout d'abord les critères propres à l'observateur qui nous ont été visibles – dans le discours et dans le comportement – et dont nous pensons qu'ils ont influencé sa perception. Ces critères sont liés à la situation géographique de l'observateur (habitant/visiteur) et à ses idéaux écologiques. Nous décrirons par la suite les résultats liés à la perception visuelle et la perception sonore. Enfin, nous concluons en mettant l'accent sur le dialogue qui existe entre les sens et entre les sens et le contexte.

#### **a/ Influence de critères personnels de l'observateur sur sa perception**

Les critères personnels qui ont influencé l'observateur dans sa perception sont de deux types : l'influence de la situation géographique et du paramètre « temps » dans la perception des éoliennes et l'influence des motivations écologiques de la personne sur son discours :

- Comme nous l'avons supposé au préalable de cette enquête, il y a une divergence de comportement entre les habitants et les visiteurs. En effet, la perception des habitants pendant le parcours était tantôt « immédiate » et tantôt « remémorée » faisant appel à leur vécu et

expérience passés avec le parc. Les commentaires révèlent tout d'abord leur quotidien avec le parc et l'appropriation du parc (« *de chez moi parfois, quand je n'ai rien à faire, je les regarde tourner...* » ; « *notre parc est plus joli... je les trouve plus jolies celles-là...* »). Ensuite, ils montrent l'évolution de la perception dans le temps (« *au début, ça me dérangeait mais maintenant, ça ne me dérange plus... ça se marie bien avec le paysage...* »). Enfin, les commentaires marquent aussi l'attitude des habitants par rapport à l'objet « éolienne » : il ne les impressionne plus ou du moins, d'une manière plus faible que les visiteurs (« *c'est vrai que la première fois, on les regardait tout le temps, mais maintenant, je ne dirai pas que c'est banal mais elles sont entrées dans le paysage... On serait plus étonné si elles n'étaient plus là !* »). Contrairement à la perception des habitants, celle des visiteurs était « instantanée » dans les deux parcours. Dans le parcours 1, l'effet de surprise était de taille pour ceux qui découvraient les éoliennes pour la première fois. Il concernait essentiellement l'échelle (« *Je ne savais pas que c'était si grand... Je suis très impressionné quand même...* ») et la rotation des pales (« *la rotation des pales m'évoque les hélices d'un avion... c'est impressionnant quand même...* ») pour un des visiteurs (le vent soufflait à 20 km/h) ; alors qu'il était relatif à l'échelle, la rotation des pales et au bruit (« *quand je suis juste en dessous, je suis plus marquée par le son... ça me fait penser à un aéroport, j'aurai du mal à supporter cela en permanence* ») pour les quatre autres (le vent soufflait à 35-50 km/h). En revanche, dans le parcours 2, il était difficile d'évaluer à cette distance l'échelle de l'éolienne, c'est pour cela que la rotation des pales a été la caractéristique la plus remarquée par les visiteurs (100%) suivi par la verticalité (3 visiteurs parmi les cinq). Les habitants et les visiteurs qui ont participé à notre enquête sont majoritairement finistériens et bretons (un seul visiteur était un touriste). Les paysages de la région leur sont donc familiers voire « banals » (« *c'est bien d'être dans la nature et tout... mais c'est des paysage que je connais déjà...* ») mais toujours appréciés (surtout les habitants qui y vivent) surtout dans le parcours 2 où la vision était globale et le parcours était vécu comme une « promenade ». En revanche, dans le parcours 1, les visiteurs avaient pour objectif la découverte des éoliennes et non de se promener.

- La perception d'une éolienne et d'un paysage contenant des éoliennes est étroitement liée aux convictions écologiques de celui qui perçoit. Cette hypothèse a déjà été confirmée dans l'étude de Johansson *et al.* [2007] (interrelation « perception/conviction ») et nous la retrouvons ici dans le discours des interviewés (« *une éolienne, ça dénature l'aspect naturel, le côté sauvage du paysage, mais c'est quand même plus joli qu'un réacteur de centrale nucléaire...* », « *et puis, je pense que derrière tout cela, l'idée que ça génère de l'énergie propre, ça me réconforte dans mon idée que c'est beau...* »). Cette influence est aussi le reflet des médias qui mettent de plus en plus en valeur les énergies renouvelables et leur respect de l'environnement pour les générations actuelles et futures.

## **b/ Perception visuelle**

La perception visuelle a primé dans le discours des enquêtés et a concerné essentiellement les éoliennes dans le parcours 1 et les éoliennes et l'environnement immédiat dans le parcours 2. En effet, dans le parcours 1, les éoliennes occupent une grande portion de l'espace et du champ visuel de l'observateur alors que dans le parcours 2, le champ visuel est plus élargi et englobe d'autres éléments paysagers ; ceci renforce notre hypothèse sur la relation « impacts/distance au parc » : l'impact visuel diminue avec la distance. D'autre part, notre choix des deux parcours était aussi motivé par les différentes lectures qu'ils offrent. En effet, le parcours 1 offre une lecture verticale et isolée engendrée par les éoliennes (une à la fois) alors que le parcours 2 offre une lecture horizontale et globale (simultanée).

Nous avons donc classé les appréciations visuelles dégagées des commentaires selon le parcours (Tableau 11). Nous détaillerons plus l'influence des formes et des éléments paysagers dans la lecture visuelle du paysage dans le paragraphe sur la « contextualisation de la perception » (cf. paragraphe 6.2.2.2 ; d/ Influence des formes spatiales).

		Parcours 1 (aire immédiate)	Parcours 2 (aire intermédiaire)
Paysage	Éléments perçus	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les éoliennes ont monopolisé la perception visuelle parce qu'elles occupent la majeure partie du champ visuel et parce qu'elles se dénotent par leur verticalité et leurs couleurs du reste de l'espace (« moi, je suis très attiré par ça, parce que tout autour, c'est vert, la nature on connaît déjà ! »).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En ordre décroissant, les éléments les plus cités dans le discours : 1/ Les éoliennes en arrière-plan 2/ les champs en premier-plan 3/ les vaches sur le champ en premier-plan 4/ les habitations dans le plan intermédiaire.</li> </ul>
	Description	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contraste environnement plat / éoliennes verticales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les éoliennes sont toujours les plus attirantes mais à un degré moindre que dans le parcours 1. Les autres éléments paysagers rappellent au sujet leur présence à la campagne (« c'est agréable de se promener ici, il n'y a pas beaucoup de voitures qui circulent, c'est la campagne, c'est vert... »).</li> </ul>
Éoliennes	Composition frontale/en biais	<ul style="list-style-type: none"> <li>La vision du parc en biais (verticale) n'a pas été appréciée par 67% des sujets (« de l'autre route là-bas, on les voit alignées et je préfère les voir alignées en fait. »).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La position frontale du parc (lecture horizontale) et le rythme créé par la répétition des éoliennes a été apprécié par 89% des sujets (« tout à l'heure, on les avait complètement de face et là, on voit certaines de face et d'autres de côté, je préfère les voir de face quand même »).</li> </ul>
	Echelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fort impact de l'échelle des éoliennes : 100% des sujets ont trouvé qu'elles étaient plus grandes que ce qu'ils pensaient (« c'est impressionnant... le fait de lever la tête, ça me donne le tournis »).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seulement 55% des sujets ont trouvé que les éoliennes sont grandes et impressionnantes. La distance « sujet-éoliennes » et l'absence d'un objet de référence a empêché l'appréciation de l'échelle réelle de l'éolienne.</li> </ul>
	Rotation des pales	<ul style="list-style-type: none"> <li>La rotation des pales a accentué l'attraction visuelle des éoliennes. Lorsque le vent souffle fortement, elle est jugée négativement (« je regarde les hélices... je pense que c'est agressif au niveau de la lame... »).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La rotation des pales a accentué l'attraction visuelle des éoliennes parce qu'elle contraste avec le reste de l'environnement statique. Ici, cette attraction a été jugée positivement par 100% des sujets. 33% d'eux pensent que cette rotation s'intègre bien avec les courbes de l'environnement rural et anime le paysage.</li> </ul>
	Domination visuelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>89% des sujets ont eu un discours focalisé sur les éoliennes tout au long du parcours.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les éoliennes ont dominé la vision mais d'autres éléments paysagers ont été cités.</li> </ul>
	Esthétique	<ul style="list-style-type: none"> <li>44% des sujets ont donné une description positive de l'éolienne (exemple : <i>moderne, élégante, belle</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>89% des sujets ont donné une description positive du groupe d'éolienne (exemple : <i>harmonieuses, agréable, jolies</i>)</li> </ul>

Tableau 11 : Analyse de la perception visuelle dans les commentaires (*in situ*)

Les résultats montrent que l'évaluation visuelle des éoliennes dans le parcours 2 (un groupe d'éoliennes vu de face) est plus positive que celle dans le parcours 1 (une éolienne à la fois) où l'éolienne a écrasé par son échelle l'observateur et était ressentie comme une agression (44% des sujets ont donné un qualificatif positif sur les éoliennes dans le parcours 1 contre 89% dans le parcours 2). Nous regroupons dans le Tableau 12 tous les qualificatifs dégagés des commentaires dans les deux parcours. Nous remarquons que les qualificatifs liés à l'échelle de l'éolienne sont les plus cités pour l'éolienne au singulier, c'est-à-dire dans sa perception verticale dans le parcours 1.

Parcours 1 & 2		
	Eolienne	Groupe d'éoliennes
Adjectifs / description	1/ impressionnant 2/ grand 3/ mannequin, imposant, grosse masse, ronde, agressif, moderne, pas moche, haut, forme profilé, élégant, léger, aérodynamique	1/ jolies, belles, grandes 2/ harmonieuses, agréables, solides, plaisant, sympathique, fluide et aéré.

Tableau 12 : Qualification des éoliennes dans les parcours (*in situ*)

Dans son livre, Burckardt [Burckardt *et al.* 1995] a montré que la description d'un nouveau paysage s'effectue avec des références personnelles (« *c'est comme...* » ; « *ça me rappelle...* »). Nous avons exploité cette idée dans notre entretien directif à la fin du parcours commenté où nous avons interrogé le sujet sur l'objet « éolienne » (cf. paragraphe 5.2.1.2). Les réponses ont révélé deux types de références d'objets : une référence à un objet technique et/ou une référence à un objet de l'espace rural ; le Tableau 13 résume ces références. Nous avons aussi remarqué que les références techniques sont plus citées dans le parcours 1 (8/9 des sujets) que dans le parcours 2 (4/9 des sujets) à cause de la proximité entre le participant et l'éolienne (perception sonore, écrasement de l'échelle, etc.) ; tandis que dans le parcours 2, le premier plan (champs agricoles) joue un rôle dans l'intégration des éoliennes dans le paysage (absence du bruit des éoliennes).

	Eolienne	Mât	Nacelle/Rotor	Pales
Objets de l'espace rural	Moulin à vent Moulin à vent (jeu d'enfant)	Tronc d'arbre Bâton	Œuf	
Objets techniques	Engin Fusé Mégastructure	Poteau EDF Poteau électrique Mât d'un bateau	Fuseau montgolfière Obus Nez d'un avion Ballon de rugby	Hélice Hélice d'avion Lames

Tableau 13 : Les objets référant à l'éolienne et à ses différentes parties dans le discours des sujets (*in situ*)

### c/ Perception sonore

Comme nous l'avons noté ci-dessus, les commentaires relatifs à la perception sonore ont été moins fréquents que ceux relatifs à la perception visuelle (20% contre 57%) dans les deux parcours. Mais tandis que dans le parcours 1, la perception sonore a concerné exclusivement les éoliennes ; dans le parcours 2, elle a concerné différents objets (vent, oiseaux, trafic routier) sauf les éoliennes : le bruit des pales a été perçu par un seul participant lorsque le vent était dirigé Nord-est. Ce qui signifie que l'impact sonore diminue avec la distance et dépend de la position de l'observateur ainsi que de la direction et de la force du vent.

L'ambiance sonore du parcours 2 (oiseaux principalement) a conforté la perception du paysage comme un espace naturel à la campagne. Dans ce paysage rural, le bruit « inhabituel » des éoliennes a vite été remarqué à cause de sa distinction – comme bruit mécanique – des autres sons de l'espace

rural. En début de parcours par exemple, le bruit des voitures a aussi été vite remarqué et a contrarié les participants alors qu'il ne choque pas à la ville.

Dans le parcours 1, les visiteurs étaient plus focalisés sur le bruit des éoliennes que les habitants puisqu'ils découvraient le parc et le bruit et étaient curieux d'identifier cet impact médiatisé. D'ailleurs, si nous comparons les 2 parcours du point de vue sonore, on remarque que les commentaires sur la perception sonore dans le parcours 2 sont de 10% seulement alors qu'ils sont de 30% dans le parcours 1. Cela s'explique par « l'intégration » de l'ambiance sonore dans l'ambiance générale du parcours 2 (cela va de soit qu'il y ait des oiseaux et du vent dans un paysage de campagne, sauf le bruit des voitures au début du parcours) alors que dans le parcours 1, le bruit des éoliennes n'est pas « intégré » dans le paysage de campagne, il se dénote. D'ailleurs, nous avons demandé aux différents sujets de qualifier le bruit des pales (« *si vous deviez l'identifier à un bruit du quotidien ?* »), 77% d'entre eux ont classé le bruit des pales comme un bruit mécanique (Tableau 14) ; ce qui signifie que les éoliennes ne sont pas assimilées et « intégrées » à l'espace rural mais cela ne veut pas dire que le bruit est jugé « négativement » en soi : c'est le caractère répétitif et continu du bruit qui a le plus contrarié. De plus, nous avons remarqué que le bruit des éoliennes a plus marqué les sujets au début du parcours qu'à la fin (Figure 79) pour deux raisons : ils se sont habitués au bruit depuis le début du parcours et/ou l'ouverture de l'espace au niveau de la troisième éolienne, avec les 4 éoliennes au fond, a attiré plus leur attention.

<b>Parcours 1</b>			
	<i>% sujets</i>	<i>Source sonore</i>	<i>Jugements</i>
<i>Sons mécaniques</i>	7/9	Réfrigérateur, avion, aéroport Casque de coiffure, Hélicoptère à l'atterrissage, Voiture, machine à laver	(-) Insupportable en permanence, répétitif. (+) familier.
<i>Espace rural ou sons "naturels"</i>	2/9	Vent dans le feuillage, baratte à beurre, cerf-volant, vagues, la mer	ne dérange pas mais fatigant à la longue

Tableau 14 : Références et jugements sonores sur le bruit des éoliennes dans les commentaires (*in situ*)

## **d/ Conclusion**

La globalité de la perception signifie également que les sens interagissent entre eux. Nous avons ainsi remarqué que la perception visuelle a influencé la perception sonore et vice versa. Par exemple, dans le parcours 1, le bruit des éoliennes était présent tout au long du chemin ce qui rappelait constamment à l'observateur la fonction productive et technique du site, sa perception visuelle du paysage était donc celle d'un paysage « manufacturé ». A contrario, dans le parcours 2 où 89% des sujets n'ont pas entendu les éoliennes mais plutôt des oiseaux, le paysage était perçu comme un paysage de promenade en campagne. Et pour le sujet qui a entendu les éoliennes dans le parcours 2, sa perception visuelle du paysage était plus fortement marquée par le parc éolien et sa fonction de production électrique (surtout en fin de parcours).

Un autre phénomène a été aussi décelé grâce à la perception en mouvement : l'accoutumance dans le temps. Elle a concerné l'expérience des parcours commentés (verbaliser la perception) : le début du parcours n'est pas perçu et n'est pas verbalisé de la même manière que la fin du parcours. En effet, en ce qui concerne la verbalisation, nous avons senti que les sujets étaient plus à l'aise et « bavards » en fin de parcours par rapport au début de parcours. Et en ce qui concerne la perception, nous avons remarqué par exemple que les éoliennes impressionnaient plus le sujet en début de

parcours qu'en fin de parcours (visuel et sonore). Ce phénomène est encore plus accentué chez les habitants par rapport aux visiteurs.

Comme nous l'avons énoncé au début des résultats liés à la caractérisation de la perception, la perception tactile a participé au comportement de l'utilisateur dans le parcours mais d'une manière variable. En effet, nous avons remarqué que son rôle est lié à la force du vent : plus le vent est fort, plus cette sensation devient conséquente et plus l'observateur réagit en s'en protégeant, en accélérant le pas ou en changeant d'humeur (il devient agacé et de mauvaise humeur). Nous avons donc observé cette réaction essentiellement la journée du 19 août 2007 (parcours 1) où le vent soufflait à 35 km/h et à des points ponctuels du parcours (au niveau des ouvertures de l'espace) puisque au niveau des chemins (entre 2 éoliennes) l'observateur est protégé par la végétation. Cette réaction rend aussi compte de l'influence des facteurs physiques sur la perception (contextualisation ; cf. paragraphe suivant (e/ influence des facteurs physiques)).

### 6.2.2.2 Contextualisation de la perception

Un des principaux avantages des méthodes immersives est la mise en contexte de la perception englobant les paramètres de l'environnement qui ont agi sur le comportement de l'observateur. Ces paramètres sont les formes spatiales et les facteurs physiques mais c'est surtout leur interaction qui stimule la perception. La contextualisation est mise en valeur grâce à la perception en mouvement.

#### a/ Influence des formes spatiales

Le parcours 2 a été plus apprécié que le parcours 1 (89% des sujets versus 22%). Cela est essentiellement dû aux objets environnants l'observateur et aux formes spatiales qui contrastent entre les deux parcours (Tableau 15).

<i>Parcours 1</i>	<i>Parcours 2</i>
Le chemin est bordé de végétation (3 à 4 m de hauteur) : le champ de vision est plutôt fermé.	L'espace est ouvert avec les éoliennes en arrière-plan : le champ de vision est élargi.
La proximité des objets « éoliennes » donne d'une part, une lecture verticale à l'espace au pied de l'éolienne qui suscite une sensation inconfortable chez certains sujets ; et d'autre part, une lecture en profondeur entre 2 éoliennes où l'œil est attiré par la prochaine éolienne (les pales).	Les éoliennes vues de face créent un rythme mettent en valeur une lecture horizontale apaisante et agréable
L'observateur se trouve immédiatement face à l'éolienne.	L'approche progressive du parc – comme un zoom – augmente l'attraction et la curiosité de l'observateur.

Tableau 15 : Comparaison entre les formes spatiales des deux parcours (*in situ*)

L'environnement du parc de Plouguin est dépouillé. Il est composé en majorité par les éoliennes et la végétation qui donne au site une forte connotation rurale. Les parcours commentés ont montré que cette connotation rurale est préservée dans le parcours 2 alors qu'elle est transformée en une lecture plus industrielle du site dans le parcours 1 (fortement ressentie chez les visiteurs). Les éoliennes jouent un rôle important dans cette transformation de l'espace ; la distance de l'observateur par rapport au parc participe aussi à la transformation de la lecture spatiale.

## **b/ Influence des facteurs physiques**

L'enseillement et le vent sont les deux principaux facteurs physiques qui ont influencé la lecture des parcours :

- *L'enseillement* : l'observateur était plus attiré visuellement par les éoliennes quand le soleil brillait face ou derrière elles (« *c'est l'été... il y a en arrière-plan les sept éoliennes en contre jour* »), c'est-à-dire qu'elles se dénotent de l'arrière-plan. Dans le parcours 1, nous n'avons pas ressenti une influence de l'enseillement sur la perception. Mais quelques habitants ont mentionné qu'ils appréciaient la discrétion des éoliennes par temps gris (la couleur de l'éolienne de Foster est bleu-gris comme le ciel quand il est nuageux et brumeux).
- *Le vent* : l'influence de la perception par le paramètre « vent » est double. D'une part, les sujets étaient plus attirés visuellement par les éoliennes lorsque les pales tournaient plus vite (vent fort). D'autre part, la perception sonore était aussi plus forte lorsque le vent soufflait fort (vent et bruit des pales).

## **c/ Perception en mouvement**

En se déplaçant, le participant évolue dans l'espace et change de point de vue. L'analyse des commentaires rend compte de l'influence du mouvement sur la perception dans les deux parcours. Nous avons ainsi pu dessiner des séquences de perception visuelle et sonore grâce à la superposition et à la concordance que nous avons pu faire entre « commentaire/mouvement/perception/position spatiale ». Trois séquences de perception sont dégagées des discours du parcours 1 (Figure 79) et deux séquences sont dégagées pour le parcours 2 (Figure 80). Elles rendent compte de l'omniprésence des éoliennes dans le discours (100% des visiteurs et 67% des habitants) mais de deux manières différentes : dans le parcours 1, les éoliennes sont évaluées une par une alors que dans le parcours 2, les éoliennes sont vues comme un groupe en arrière-plan de champs agricoles au début et progressivement la vision s'est focalisée sur les éoliennes les plus proches en fin de parcours (comme un zoom).

Les séquences confirment aussi que l'impact des éoliennes est essentiellement visuel dans le parcours 2 alors qu'il est visuel et sonore dans le parcours 1. De plus, la dimension temporelle est mise en valeur grâce à l'étude de l'évolution du comportement de l'observateur dans le parcours. Par exemple, le bruit des éoliennes était plus cité au début du parcours qu'à la fin du parcours parce que la perception a évolué dans le temps. Ces résultats se recourent avec ceux de la « perception visuelle » et de la « perception sonore ».

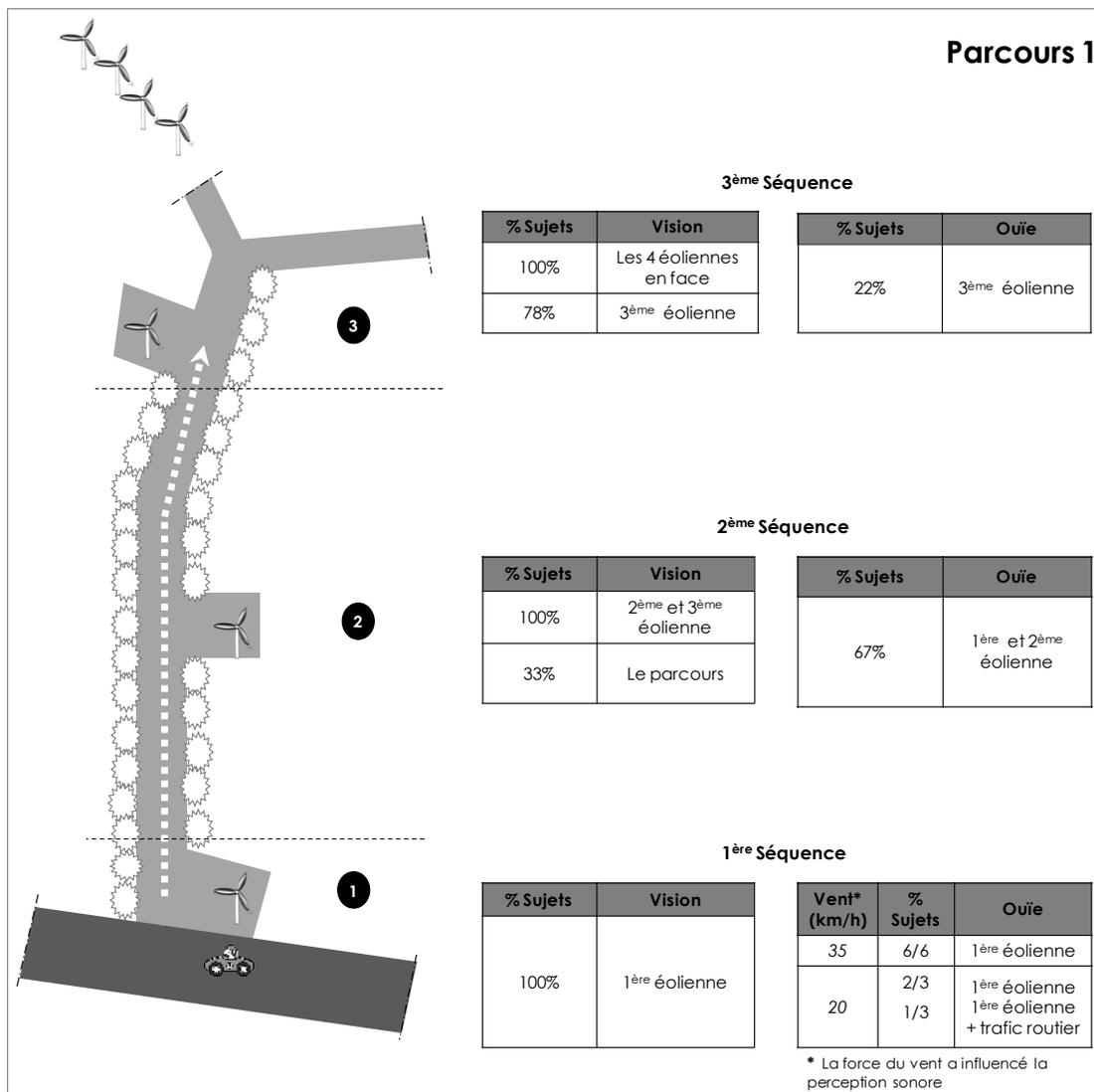
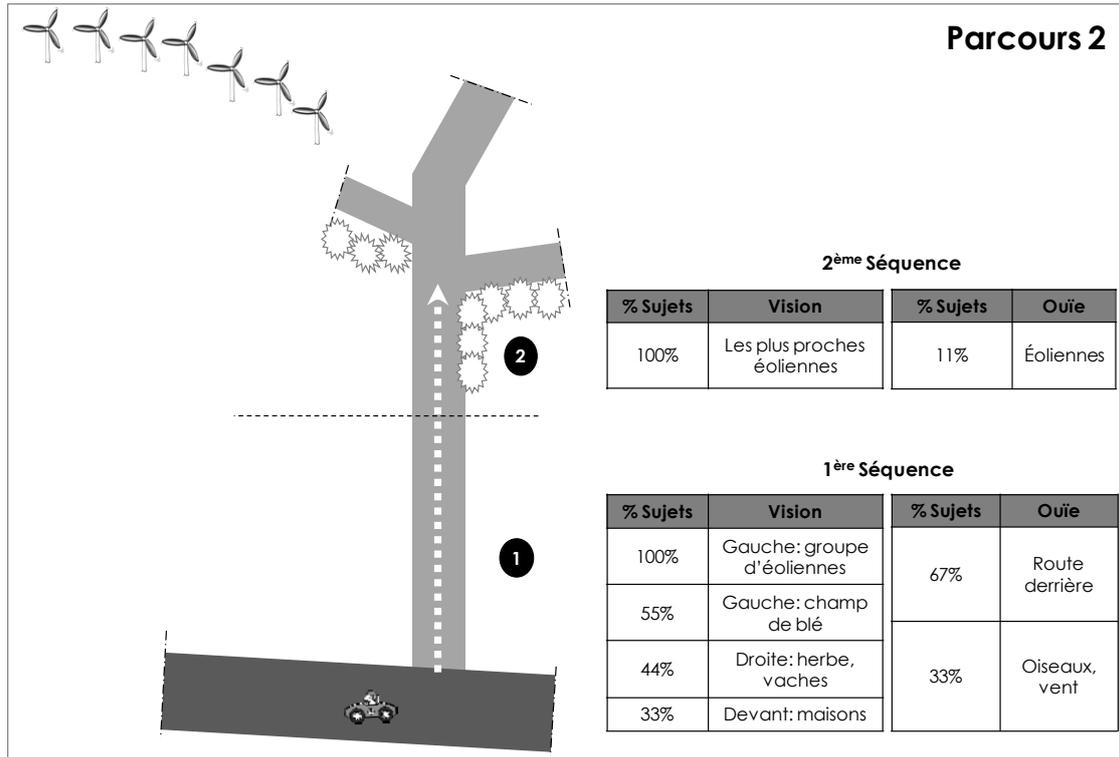


Figure 79 : Perception des séquences du parcours 1 d'après les commentaires des sujets (*in situ*)

Figure 80 : Perception des séquences du parcours 2 d'après les commentaires des sujets (*in situ*)

#### d/ Conclusion

Les parcours commentés *in situ* se sont déroulés l'après-midi et sur 6 jours : deux après-midis pour le parcours 1 et quatre après-midis pour le parcours 2. En 6 après-midis, nous avons pu déceler l'importance du contexte dans la perception en mouvement mais ceci n'est pas suffisant pour dégager toutes les influences surtout en ce qui concerne celle du vent. Ce paramètre est une caractéristique importante pour les éoliennes et dans un plateau tel que le Nord Finistère, il participe fortement à la perception des lieux. Mais dans notre cas d'étude dans le virtuel, il sera difficile de le restituer.

### 6.2.3 Résultats de l'étude subjective orientée (les questionnaires)

Comme nous l'avons énoncé dans la partie « méthodologie » (cf. section 4.4), le questionnaire est une étude des perceptions mémorisées du parcours qu'on a structurée autour de 3 thèmes : les éoliennes, le paysage et le parcours. La caractérisation de la perception prend en compte les éoliennes et le paysage (perception visuelle et sonore) tandis que la contextualisation de la perception met en exergue les séquences perçues du parcours. Contrairement aux parcours commentés, le questionnaire permet de séparer la caractérisation et la contextualisation de la perception et de hiérarchiser les réponses selon les objectifs de l'enquête.

### **6.2.3.1 Caractérisation de la perception**

#### **a/ Perception visuelle**

Dans le parcours 1, 100% des sujets ont été essentiellement attirés par les éoliennes : 67% parmi eux précisent que c'est la hauteur qui les a interpellés visuellement, le reste des sujets a été attiré par les pales. Aucune référence à d'autres éléments paysagers n'a été citée. Cette attraction visuelle n'est pas négative, au contraire, 78% parmi eux pensent que sans les éoliennes le parcours serait « neutre » et « fade ». En effet, sans les éoliennes, les champs agricoles traversés n'intéresseraient pas les participants (visiteurs et habitants).

Dans le parcours 2, 100% des sujets ont été attirés en premier lieu par les éoliennes : 55% parmi eux précisent que c'est le mouvement des pales qui les a attirés. En deuxième lieu, 55% des sujets ont été attirés par les champs agricoles en premier plan ainsi que les vaches. Et en troisième lieu, 22% ont été attirés par la route en perspective devant eux. La vue globale sur le parc a donc introduit d'autres éléments visuels dans la perception de l'observateur mais les éoliennes restent le principal centre d'intérêt. Questionnés sur l'impact visuel des éoliennes, 55% des participants pensent que c'est la hauteur des éoliennes qui a le plus d'impact sur le paysage et 33% pensent que c'est la dynamique des pales.

#### **b/ Perception sonore**

Dans le parcours 1, la perception sonore a concerné exclusivement les éoliennes (100% des participants) et l'impact sonore a été jugé important par la majorité des participants (55%). En effet, nous pensons que cette forte perception est liée à deux choses : 1/ six participants ont effectué l'enquête par journée de fort vent, l'impact sonore des éoliennes était donc conséquent, et 2/ l'incongruité du bruit des éoliennes dans un site rural fait qu'on ne perçoit que le son incongru.

Dans le parcours 2, les participants ont perçu en premier lieu le bruit des voitures de la route derrière (78%) pourtant, ce bruit diminuait au fur et à mesure qu'on avançait dans le parcours, en second lieu le vent (33%) et en troisième lieu les oiseaux (22%). Comme nous l'avons suggéré dans le paragraphe ci-dessus, les bruits « non intégrés » et incongrus dans l'espace rural (les voitures) sont remarqués en premier. En revanche, les oiseaux et le vent font partie de l'ensemble paysager de la campagne.

#### **c/ Conclusion**

La perception remémorée permet à l'enquêté d'avoir un recul par rapport à l'expérience et de questionner son parcours. Ainsi par exemple, la perception tactile, absente du discours dans la perception instantanée, a été citée par 2 personnes dans leurs questionnaires (la sensation du vent sur la peau), le jour où le vent soufflait fort.

### **6.2.3.2 Contextualisation de la perception**

La question liée à la contextualisation du parcours (« *Pouvez-vous diviser le parcours en plusieurs séquences ? Merci d'exprimer ces séquences par le dessin, de justifier votre division et de décrire vos impressions sur chaque séquence.* ») est un moyen pour saisir la compréhension spatiale du parcours par l'enquêté. Les dessins et explications que nous avons obtenus varient entre des schémas détaillés et d'autres qui le sont moins. Dans ce dernier cas, nous pensons – bien que notre

échantillon ne soit pas représentatif – que c’est lié à l’âge et/ou au niveau d’étude des participants : les personnes jeunes (20-30 ans) et/ou instruites dessinent mieux l’espace (Figure 81, dessin a) que les personnes âgées et non diplômés (Figure 81, dessin b).

Les schémas que nous avons récupérés des questionnaires du parcours 1 mettent en scène les éoliennes structurées suivant le chemin parcouru (50% des participants) ou d’une manière moins structurée (50% des participants) (Figure 81). Le point commun entre tous les dessins sont les éoliennes, toujours présentes. Elles structurent l’image mentale du parcours 1. La route se trouve dans 50 % des dessins.

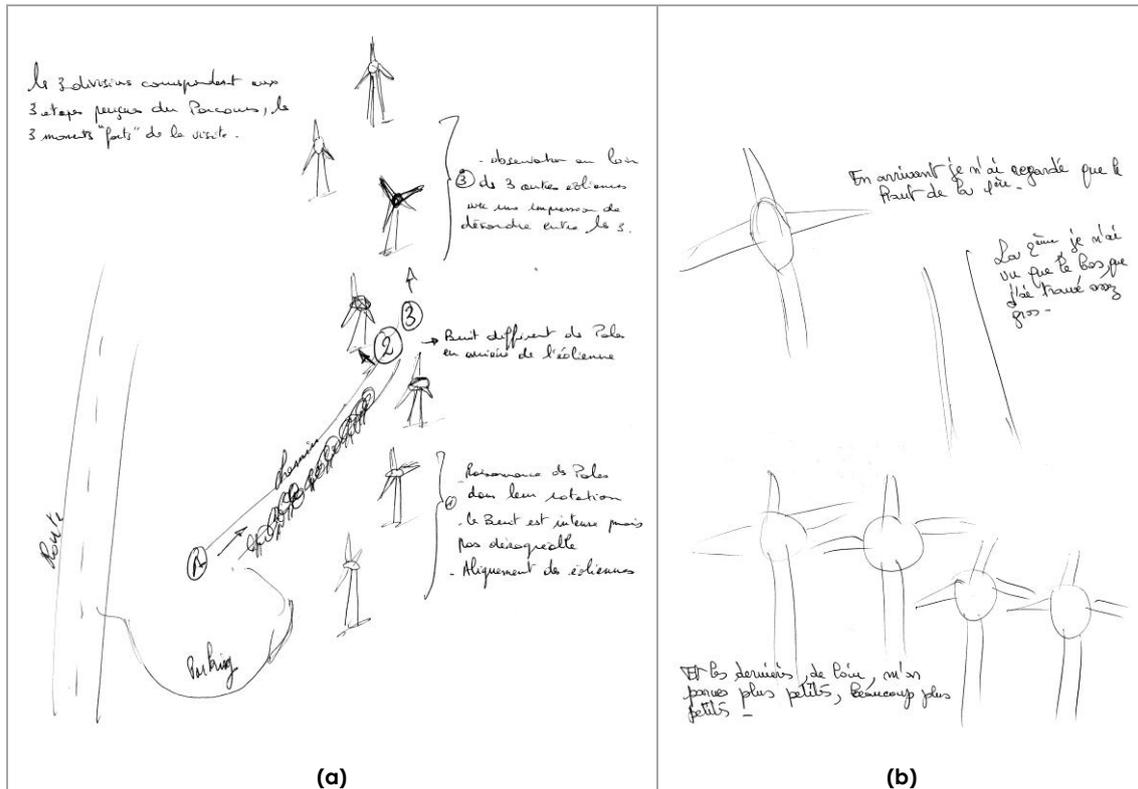


Figure 81 : Exemples de dessins du parcours 1 par deux enquêtés (*in situ*)

Dans le parcours 2, les dessins récupérés montrent divers éléments du parcours. Les éléments les plus constants et que nous avons retrouvés dans tous les dessins sont : la route et les éoliennes au fond. Ce sont les principales caractéristiques qui structurent l’image mentale du parcours chez les enquêtés. En deuxième lieu, nous retrouvons les dessins des champs, des maisons et des vaches comme repères visuels tout au long du parcours.

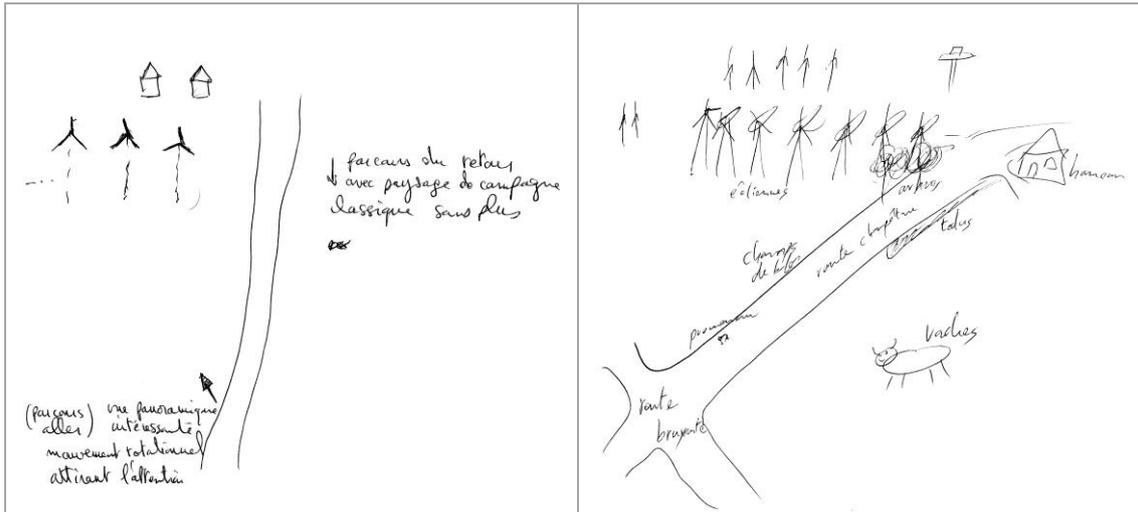


Figure 82 : Exemples de dessins du parcours 2 par deux enquêtés (*in situ*)

La question sur les séquences du parcours n'a pas donné de résultats concluants dans le parcours 2 puisque la majorité des enquêtés ont dessiné le parcours sans distinguer de division. En effet, la perception de séquences induit des événements marquants qui changent la perception du parcours ; or, le parcours 2 s'effectue d'une seule traite sans points de repère particuliers. Alors que dans le parcours 1, trois séquences ont été perçues : 1/ la première éolienne : effet de surprise, effet de hauteur, bruit ; 2/ le chemin entre la première et la troisième éolienne : peu de personnes ont été marqué par la deuxième éolienne ; et 3/ la troisième éolienne ou plus précisément le bouquet d'éoliennes en face (Figure 83) : cette vision à distance des éoliennes a attiré le regard parce qu'elle était plus reposante que la verticalité de la troisième éolienne. La première et la dernière séquences correspondent aux « moments forts » du parcours pour les enquêtés.



Figure 83 : Vue du point d'arrivée du parcours 1

## 6.2.4 Discussion

La méthode des parcours commentés associée à des questionnaires nous a permis d'avoir un flux de données sensibles considérable. La méthode confirme nos hypothèses de départ (cf. paragraphe 5.2.1.2) et révèle ainsi d'importants résultats et représentations paysagères généralisables aux éoliennes, au paysage et à d'autres études sur les éoliennes et/ou le paysage.

### Les éoliennes :

- Dans l'enquête de Guisepelli *et al.* [2005], lorsque les gens utilisent un élément visuel pour « repérer » un lieu, cet élément devient un caractère et une partie intégrante de ce paysage. Dans ce sens, les éoliennes sont devenues un repère pour les nord-finistériens et pour les touristes ; ce sont des éléments visuels qui caractérisent désormais le paysage nord-finistérien ;
- Les éoliennes apportent une nouvelle structuration et une nouvelle lecture à l'espace. En effet, Droz *et al.* [2005] affirment qu'un « *élément nouveau qui surgit dans le paysage nous force à opérer un recadrage et dans ce sens à reconstruire le paysage* ». Les éoliennes reconstruisent donc le paysage en apportant, en ce qui concerne la perception visuelle, une nouvelle échelle et une dynamique étendues spatialement ; et en ce qui concerne la perception sonore, une certaine sonorité à caractère manufacturé qui est restreinte dans l'espace et dépend de l'orientation du vent. Les impacts des éoliennes sont incontestablement visuels et sonores mais ils ne sont pas forcément tout d'abord visuels puis sonores, la perception sonore est susceptible d'être plus forte et agressive en fonction de la force du vent ;
- Les éoliennes attirent la curiosité de la majorité des visiteurs qui voient en elles, un atout esthétique dans le paysage rural « banal ». Cette appréciation positive, a été plus ressentie dans l'aire intermédiaire (parcours 2) parce que leurs impacts visuels et sonores y sont plus « modérés ». En effet, le rythme créé par la répétition verticale des éoliennes est un atout dans ce paysage rural. Nous pouvons déduire donc que les impacts diminuent avec la distance et que la lecture horizontale et le mouvement des pales sont préférés dans un paysage statique distant plus que proche. Pour toutes ces raisons, le projet paysager des éoliennes pourrait être pensé comme un projet touristique dans l'aire intermédiaire et avec une lecture frontale du parc ; les éoliennes sont ainsi intégrées dans un tout structuré sans nuisances sonores ;
- Esthétiquement, la couleur bleu-gris ainsi que les formes courbes de l'objet « éolienne » sont appréciées. La couleur bleu-gris joue avec la couleur du ciel et les courbes sont plus adaptées et intégrées au contexte naturel et rural. L'effort fait dans le design esthétique de l'objet participe à son acceptation ;
- L'aspect sonore des éoliennes est perçu principalement dans l'aire immédiate. Il est négativement ressenti à cause de sa continuité et de sa répétition. Dans l'aire intermédiaire, les habitations situées dans la direction des vents dominants sont les plus exposées aux nuisances sonores mais d'une manière intermittente ;
- L'enquête a aussi confirmé le résultat de la pré-enquête par les entretiens sur le rôle de la temporalité dans l'acceptation et l'appropriation des éoliennes. Cette acceptation est renforcée par l'opinion positive véhiculée internationalement sur les énergies renouvelables propres pour la planète. Ces opinions positivent l'impact des aérogénérateurs et biaisent la perception réelle du paysage [Johansson *et al.* 2007] ;

### Le paysage :

- Le contexte rural est de plus en plus apprécié par les citoyens pour y effectuer des ballades (littoral, parcs protégés, parcs d'éoliennes, etc.). Grâce à la méthode des parcours commentés, nous avons pu dégager certains *modèles paysagers* (nous rappelons que ce sont des représentations paysagères objectivées destinées à fournir des indications sur les préférences esthétiques en vue de projet de gestion ; cf. paragraphe 1.3.2) tels que l'appréciation des espaces ouverts et dépouillés dans les promenades et la préférence liée aux formes horizontales et structurées, c'est-à-dire l'unité paysagère ou l'appréciation des formes courbes et douces dans les paysages de campagne ;

- La méthode des parcours commentés a révélé que l'interaction de l'observateur avec son environnement direct subit l'influence de plusieurs paramètres du contexte (vent, mouvement, facteurs physiques, etc.) qui peuvent être étudiés d'une manière isolée et exhaustive en fonction du paysage étudié (les paramètres contextuels les plus influents) et des objectifs de l'étude (les paramètres contextuels les plus pertinents) ;
- L'enquête a permis de déceler une appréhension subjective du lieu qu'il est intéressant de retrouver dans les Etudes d'Impact : connaître les « perceptions » du paysage et du quotidien des gens pour construire le projet et conditionner les habitants aux impacts du projet avant sa construction. Ceci est possible grâce à des visites de sites existants ou à une approche par la RV.

### 6.3 Comparaison et validation de la méthode des parcours commentés dans un contexte rural

La quantité et la diversité des résultats obtenus avec la méthode immersive des parcours commentés montrent de meilleures potentialités à l'étude sensible du paysage par rapport à la méthode non-immersive. Tout d'abord, la perception instantanée est plus riche en informations sensibles et prend en compte la contextualité des événements contrairement à la perception mémorisée qui ne montre que les caractéristiques les plus importantes de la perception. Ensuite, en plus de son aspect naturel (se promener), le déplacement met en valeur la dimension temporelle du paysage qui agit sur la perception. Enfin, l'immersion favorise le comportement naturel de l'observateur *in situ* et révèle donc toutes les caractéristiques de sa perception contrairement à la non-immersion qui est sélective. Nous résumons toutes ces divergences dans le Tableau 16 :

	<b>Les Entretiens</b>	<b>Les Parcours commentés</b>
<i>Perception</i>	Perception mémorisée (essentiellement visuelle)	Perception instantanée (tous les sens)
<i>Description</i>	Description statique Objet « éolienne »	Description en mouvement Objet « éolienne » / groupe d'éoliennes
<i>Impact visuel</i>	Caractéristique principale : l'échelle	Caractéristiques principales : échelle, mouvement des pales, esthétique de l'objet
<i>Impact sonore</i>	Influencé par les médias (pas vraiment perçu)	Vérification de ce qui est dit dans les médias Important dans l'aire immédiate
<i>Contexte</i>	Pas de contexte	Influence du contexte : facteurs physiques, point de vue, formes spatiales

Tableau 16 : Comparaison entre les deux méthodes *in situ*

### 6.4 Conclusion

La méthode immersive a identifié l'expérience paysagère des éoliennes et a été facilement adoptée et appréciée par les enquêtés pour son caractère informel et naturel. C'est une bonne méthode pour étudier le paysage sensible. Néanmoins, comme toute autre méthode, elle est discutable sur plusieurs points :

- Nous avons introduit notre enquête aux participants comme une enquête sur le paysage et les éoliennes. Ils savaient qu'ils étaient là pour parler des éoliennes, leur perception était donc orientée et légèrement faussée dès le départ. Mais nous n'avons pas pu faire autrement pour sortir les habitants de leur maison. De plus, les deux parcours choisis mettent bien en valeur le parc et l'objectif de notre recherche aurait été compris intuitivement ;
- Dans un espace aussi dépouillé que le contexte rural, la perception est généralement étendue et polarisée sur les seuls objets émergents (les éoliennes). Est-ce que la méthode des parcours commentés donnerait des résultats aussi intéressants s'il n'y a pas d'éléments aussi notables dans le paysage ?
- Nous avons récolté peu de résultats sur le paysage en comparaison avec ceux sur les éoliennes. Deux paramètres ont orienté ces résultats : le paysage réduit aux seules éoliennes et notre objectif déclaré sur les éoliennes. Nous pensons que dans les parcours choisis, l'évidence des résultats très orientés « éoliennes » est inévitable à cause de leurs caractéristiques esthétiques et sonores remarquables. La perception a donc été peu biaisée par les deux paramètres cités ci-dessus ;
- Le paysage dépouillé a suscité peu de parole. Non seulement, la description d'un espace et la mise en parole de la perception n'est pas une chose naturelle [Levy 2001] mais en plus, le peu d'éléments paysagers à décrire nous a poussé à intervenir plus fréquemment que dans un parcours commenté en espace urbain [Jallouli 2004]. Ces interventions influencent la perception de l'enquêté ;
- La méthode des parcours commentés est une méthode qualitative qui ne nécessite pas un grand nombre de participants, une vingtaine de personnes suffit pour qualifier un parcours [Thibaud 2001]. Mais dans un contexte urbain, les promeneurs sont facilement disponibles et mobilisables avec un échantillon varié de personnes, tandis que dans un contexte rural, il y a peu de promeneurs sur place et l'échantillon de personnes est par conséquent très peu varié. Notre enquête a fait intervenir une dizaine de personnes par parcours ce qui nous a donné certains résultats solides mais d'autres restent à approfondir à cause du nombre insuffisant d'enquêtés ;
- En conséquence du peu d'enquêtés et de la limitation des enquêtes dans l'espace (deux parcours seulement) et dans le temps (quelques après-midis en 2007), nous n'avons pu appréhender d'une manière précise les ambiances variables du lieu et l'influence des paramètres tels que : le cycle saisonnier (facteurs physiques, végétation), le cycle journalier (matin, midi, après-midi, soir), la végétation (champs de terres labourés, maïs grands et verts, moisson, champs taillés), la météo (ciel ensoleillé, nuageux, brouillard), la vitesse et la direction du vent (bruit des éoliennes, mouvement des pales, bruit du vent et de la végétation), le point de vue (vue frontale du parc, en biais, loin du parc, aux pieds des éoliennes). Mais puisque notre objectif n'est pas de caractériser toutes les ambiances des éoliennes mais plutôt de caractériser un exemple d'ambiances de paysage éolien afin de discuter sa restitution dans le virtuel, nous n'avons pas été exhaustifs ;
- La méthode *in situ* est limitée par les conditions météorologiques. En effet, l'enquête se déroule en plein air, il est donc préférable que le temps soit favorable (sans pluie ni tempête). D'ailleurs, il est difficile de mobiliser visiteurs et habitants quand les conditions sont défavorables ;
- Pour pouvoir généraliser les représentations paysagères et avoir des *modèles paysagers*, nous avons contraint le parcours et décidé de sa direction et de son orientation. Ceci, néanmoins, enlève de la spontanéité de l'enquêté et restreint son mouvement. Le choix de la promenade n'est pas délibéré : les perceptions récoltées seront-elles les mêmes si le parcours était libre ?

- La présence de l'enquêteur à proximité du participant peut biaiser son comportement. En général, l'enquêté veut répondre aux objectifs de l'enquêteur et cherchera quelque part plus à lui « plaire » qu'à communiquer ses sentiments réels [Moles 1995]. Les paroles exprimées doivent donc prendre en compte ces conditions de production de la parole (ainsi que ceux cités ci-dessus) et être lues à travers ces filtres.

Notre approche *in situ* a été empirique. Elle a nécessité beaucoup de remise en question et de compromis et elle aurait pu s'aborder à partir de plusieurs angles de vue. Elle est par conséquent non exhaustive. Notre objectif ultérieur de restitution de l'expérience paysagère par la RV nous a incités à focaliser nos efforts sur la caractérisation et la contextualisation du paysage indépendamment d'autres paramètres. C'est le fil directeur de toute notre réflexion.



# Chapitre 7

## ETUDE PAYSAGERE SENSIBLE *in vitro*

Les trois enquêtes *in vitro* ont pour objectif d'identifier l'expérience paysagère (caractériser et contextualiser) mais aussi d'évaluer le dispositif de RV (modélisation 3D, le rendu sonore et les dispositifs immersif et interactif). Le protocole expérimental utilisé a été décrit dans le paragraphe 5.3.2 et l'étude subjective a été abordée en deux étapes décrites dans le schéma méthodologique (cf. section 4.4) : 1/ une première étape avec l'enquête qui renferme deux études, une étude subjective spontanée (parcours commentés) et une étude subjective orientée (questionnaires) et 2/ une étape d'objectivation au laboratoire où nous avons croisé les résultats de la première étape afin de caractériser et de contextualiser l'expérience paysagère d'une part et d'étudier le dispositif virtuel d'autre part. L'analyse des discours et des questionnaires s'est déroulée de la même manière que pour l'enquête immersive *in situ* (paragraphe 6.2.1), elle ne sera donc pas détaillée dans les expérimentations abordées dans ce chapitre.

Dans ce chapitre, nous allons donc étudier le paysage des éoliennes grâce à la méthode des parcours commentés mais dans un environnement virtuel avec lequel l'observateur interagit. Dans un premier temps et afin de rendre compte du rôle de l'interaction dans un monde virtuel, une première enquête non-interactive basée sur la projection des parcours animés est effectuée (section 7.1), elle tient lieu de pré-enquête à nos expérimentations *in vitro*. Dans un deuxième temps, une approche immersive et interactive utilisant une Wiimote pour l'interaction combine perception et mouvement (signaux visuels seulement) de l'observateur afin de caractériser et de contextualiser les impacts (section 7.2). Dans un troisième temps, une approche finale *in vitro* est abordée ; elle associe aussi l'immersion et l'interaction de l'utilisateur en instrumentant un vélo (signaux visuels et moteurs) (section 7.3). Enfin, la comparaison entre les trois protocoles d'immersion et d'interaction de chaque enquête discutera résultats et méthodes d'approche (section 7.4).

### 7.1 Expérimentation 1 : Projection d'une animation 3D

Dix participants ont effectué cette première expérience *in vitro* : 5 participants dans le parcours 1 et 5 participants dans le parcours 2. Les informations concernant la population interrogée (sexe, âge, activité professionnelle) sont en Annexe 5. Nous rappelons que nous avons réduit ici le nombre de participants parce que cette étude constitue une pré-enquête ; les résultats ainsi trouvés ne sont donc pas très approfondis. Nous avons volontairement préféré ne pas faire participer les habitants et toute personne ayant effectué l'enquête *in situ* pour ne pas tomber dans la comparaison des deux mondes ([Jallouli 2004], [Tahrani 2006]). Cette expérimentation s'est déroulée dans la salle immersive de l'IRSTV à l'Ecole Centrale de Nantes.

## 7.1.1 Résultats de l'étude subjective spontanée (les parcours commentés)

### 7.1.1.1 Caractérisation de la perception

Contrairement à l'étude *in situ* où tous les sens interagissaient, ici seuls les canaux visuels et sonores perçoivent et communiquent. C'est pour cela que les commentaires se sont principalement rapportés à la perception visuelle (65% des commentaires) et sonore (20%). Comme dans l'étude *in situ*, la perception est d'abord visuelle.

#### a/ Perception visuelle

La perception visuelle a nettement marqué le discours des enquêtés dans les deux parcours. Elle a concerné le chemin et les éoliennes dans le parcours 1 alors qu'elle a concerné principalement les éoliennes dans le parcours 2. Ceci s'explique par l'orientation du champ de vision de la caméra : dans le parcours 1, la caméra était centrée sur le chemin (Figure 84) et ce n'est qu'arrivée au niveau des éoliennes que la caméra se tourne vers elles, cette lecture verticale « subite » (Figure 85) a surpris les participants et n'a pas été appréciée ; dans le parcours 2, nous avons tourné légèrement le champ de vision de la caméra vers les éoliennes pour pouvoir voir tout le parc (Figure 86). Nous avons ainsi contraint et influencé la perception des participants par l'orientation de la caméra et c'est ce qui appuie l'idée que les animations ne sont pas de bons outils de représentation puisqu'elles ne montrent que ce que le concepteur veut montrer. Le Tableau 17 qui classe les appréciations visuelles dégagées des commentaires confirme cette influence.



Figure 84 : Point de vue caméra (parcours 1)



Figure 85 : Lecture verticale « subite » sur le rotor



Figure 86 : Point de vue caméra (parcours 2)

		Parcours 1 (aire immédiate)	Parcours 2 (aire intermédiaire)
<b>Paysage/Éoliennes</b>	Éléments perçus / Description	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Les éoliennes</b> : elles ont attiré l'attention surtout lorsqu'on passe à leurs pieds. « L'échelle » est la caractéristique ressentie des éoliennes 1 et 2 mais sans grande émotion (« j'ai jamais vu des éoliennes de près, c'est grand, c'est industriel mais ça ne m'impressionne pas ») alors qu'en fin de parcours (les 4 éoliennes en face), c'est le mouvement des pales qui a caractérisé la perception (« ce qui est sympa là c'est que ça rajoute un peu de dynamisme au paysage »).</li> <li>▪ <b>Le chemin</b> : il a été ressenti comme un « paysage de campagne », « bordé de haies » (« je reste dans une sensation globale de campagne... je dirai presque un parc paysager ») alors qu'<i>in situ</i>, le parcours 1 a été ressenti comme un parc manufacturé par la présence des éoliennes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Les éoliennes</b> : les sept éoliennes sont perçues dans leur totalité. Le rythme créé dans la répétition des mâts et surtout la rotation des pales sont les caractéristiques les plus attractives de ce paysage (« c'est le seul mouvement dans le paysage... le rythme aussi des éoliennes un peu comme des poteaux, le rythme vertical... mais les éoliennes attirent plus que les poteaux parce qu'elles sont en mouvement... »).</li> </ul>

Tableau 17 : Analyse de la perception visuelle dans les commentaires (expérimentation 1)

La lecture horizontale du paysage dans le parcours 2 a été plus appréciée que la lecture tantôt verticale (quand la caméra se trouve devant l'éolienne) et tantôt profonde et en perspective (quand la caméra se trouve centrée sur le chemin) dans le parcours 1. Les paysages ouverts et à trame horizontale sont préférés visuellement par les populations. Les qualificatifs des éoliennes dans cette expérimentation ont concerné la taille, l'esthétique et la dynamique des pales (Tableau 18). Dans le parcours 1, les qualificatifs se rapportent plus à la taille et à l'esthétique de l'éolienne tandis que dans le parcours 2, les qualificatifs se rapportent plus à l'esthétique et au mouvement des pales.

<b>Parcours 1 &amp; 2</b>			
<i>Eolienne / Groupe d'éoliennes</i>			
	Taille	Esthétique	Mouvement des pales
<i>Adjectifs / description</i>	1/ élancé 2/ énorme 3/ grand, haut, svelte, massif	Simple, artistique, élégant, fascinant, familière, jolie	Apaisant, tranquille, mouvance, rythmique, dynamique, imbriquée

Tableau 18 : Qualification des éoliennes dans les parcours (expérimentation 1)

Dans le parcours 1, le passage « rapide » devant chaque éolienne et la limitation du champ visuel sur le chemin ont fait que l'échelle de l'éolienne a été moins impressionnante que dans la réalité. En

revanche dans le parcours 2, la perception *in vitro* des éoliennes a été comme celle de l'étude *in situ* (caractéristiques esthétiques et dynamiques).

### **b/ Perception sonore**

Comme dans l'étude *in situ*, les commentaires relatifs à la perception sonore ont été moins fréquents que ceux relatifs à la perception visuelle (20% contre 65%) dans les deux parcours. La restitution sonore dans les 2 parcours a été considérée comme étant très satisfaisante dans cette expérimentation parce qu'elle a amélioré le sentiment de présence et l'immersion de l'enquêté dans le monde virtuel sans qu'il se doute ou qu'il soit gêné par les sons manquants (vent, vent dans la végétation).

Comme dans l'étude *in situ*, dans le parcours 1, le bruit des éoliennes a été ressenti négativement plus dans sa répétition que dans ses propriétés sonores. Ici, nous n'avons pas varié le bruit des éoliennes selon la force du vent, un cas moyen a été testé. Il n'est donc pas excessif mais il respecte bien la sensation sonore *in situ* d'une rotation moyenne des pales (12 tours/min.). Dans le parcours 2, l'ambiance sonore de la campagne (oiseaux) a été ressentie comme apaisante et a renforcé le paysage rural de la campagne.

### **c/ Conclusion**

Les résultats de la caractérisation de la perception sonore sont plus satisfaisants que ceux de la perception visuelle. Outre la limitation des champs visuels, le système virtuel mis en place a engendré d'autres biais visuels que nous étudierons dans le paragraphe 7.1.3.

#### **7.1.1.2 Contextualisation de la perception**

Dans le monde virtuel, la contextualisation de la perception ne peut concerner que les formes spatiales parce que nous avons figé les facteurs physiques : ciel gris dans le parcours 1, ciel bleu dans le parcours 2 et absence de vent (absence de variation du bruit des éoliennes par rapport au vent). Un seul scénario a été étudié dans les trois expérimentations, il ne nous permet pas de déterminer l'influence des facteurs physiques sur la perception mais il favorise la redondance des perceptions et facilite par conséquent l'analyse des commentaires.

En ce qui concerne les formes spatiales, le champ visuel du parcours 1 a été centré sur le chemin et donc la vision a été toujours guidée par la perspective et dirigée vers le fond du parcours. Se sentir bordé à droite et à gauche par les haies n'a pas gêné beaucoup de participants. Au contraire, ils se sont sentis « enveloppés » par un cadre naturel (« ... *Quand on est dans le chemin, tout est calme, tranquille, bordé d'arbres, ça encadre un petit peu...* », « *De voir les arbres à côté, c'est rassurant* »). Dans le parcours 2, le champ visuel ouvert et dirigé vers les éoliennes met en scène le parc dont le mouvement des pales est la principale caractéristique, elle est, par conséquent, la principale caractéristique du paysage perçu comme c'était le cas dans l'étude *in situ*.

## 7.1.2 Résultats de l'étude subjective orientée (les questionnaires)

### 7.1.2.1 Caractérisation de la perception

Elle s'est rapportée à la perception visuelle et sonore.

#### a/ Perception visuelle

Dans le parcours 1, tous les participants ont été surtout attirés par le chemin bordé de haies et par les éoliennes. Le chemin a donc acquis de l'importance visuelle dans cette expérimentation non seulement parce que la caméra était centrée dessus mais aussi parce que la végétation plate accentuait la perspective et mettait en valeur le point de fuite. Les éoliennes ont ponctué le parcours par leur verticalité et par leur mouvement. Bien que cette ponctuation verticale n'ait pas été appréciée, les participants pensent que le parcours aurait été « *monotone* » et « *sans intérêt* » sans les éoliennes comme l'étude *in situ*.

Dans le parcours 2, les éoliennes sont les éléments visuels les plus marquants pour les 5 participants. Elles sont « intégrées » dans le fond du ciel et « remplissent l'espace » en y apportant un rythme horizontal et dynamique agréable. Les autres éléments visuels cités sont les poteaux, les maisons, les champs, le fossé et la route.

#### b/ Perception sonore

Dans le parcours 1, la perception sonore a concerné les oiseaux et les éoliennes. Du point de vue de l'impact sonore des éoliennes, il est ressenti comme dans le monde réel : « *rythmique* », « *constant* », « *pénible dans la répétition mais pas trop dérangerant* ». Dans le parcours 2, les participants ont perçu tout d'abord le bruit des oiseaux puis celui des voitures. Cette perception a consolidé la sensation de la campagne pour les différents participants.

### 7.1.2.1 Contextualisation de la perception

Les dessins récupérés des questionnaires renseignent sur la compréhension du parcours par le participant. Dans cette expérimentation où le mouvement était contraint, les dessins du parcours 1 montrent que l'appréhension de l'espace est biaisée. Dans la Figure 87, nous remarquons que les éoliennes du chemin ne sont pas placées correctement sur le parcours (tantôt à droite, tantôt à gauche) ; tandis que le chemin presque rectiligne dans la réalité est dessiné d'une manière sinueuse. Ce chemin structure l'image mentale des participants. La seule appréhension plutôt correcte qui a marqué tous les participants, c'est la fin du parcours avec l'ouverture de l'espace et le bouquet d'éoliennes au fond. La « fausse » carte mentale s'explique par les limites du champ visuel horizontal et par l'absence de mouvement du regard. Ces contraintes ont empêché les participants de bien voir et de mémoriser l'espace environnant.

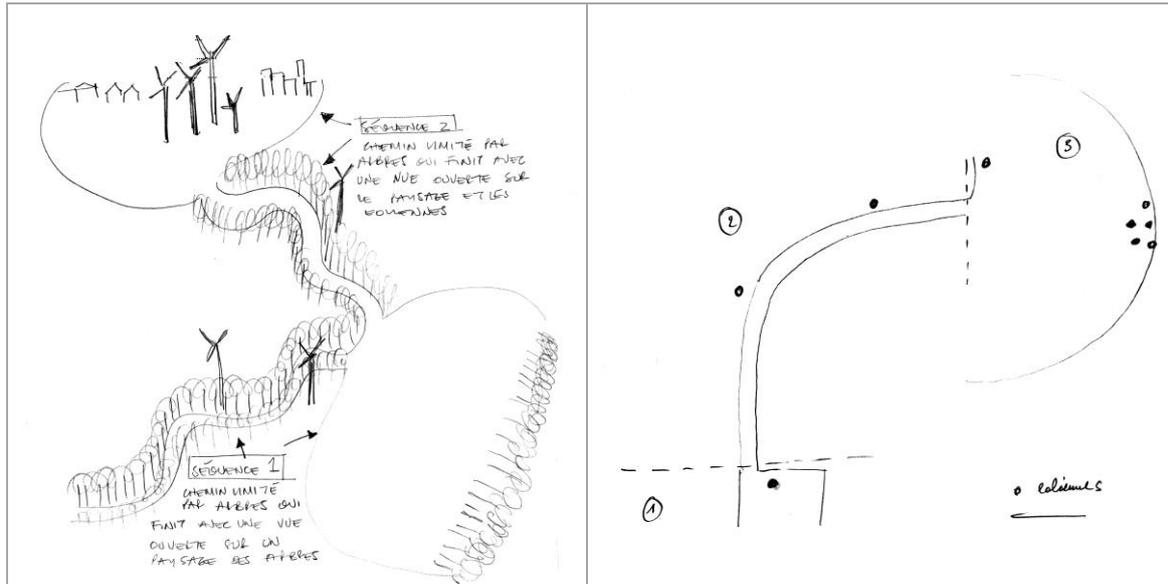


Figure 87 : Exemples de dessins du parcours 1 par deux enquêtés (expérimentation 1)

Dans le parcours 2, notre choix de champ de vision (centré sur le parc) a aussi agi sur les dessins des participants (Figure 88). La « ligne » d'éoliennes structure les schémas autant que la perspective de la route. L'ouverture de l'espace, son dépouillement et surtout sa constance visuelle du début du parcours jusqu'à la fin ont permis au sujet de bien mémoriser le parcours. Les dessins récoltés sont donc généralement bien détaillés. Les séquences du parcours sont majoritairement le début et la fin du parcours où la perception visuelle se concentre petit à petit sur l'éolienne la plus proche (les limites du champ visuel participant aussi à cette « focalisation »).

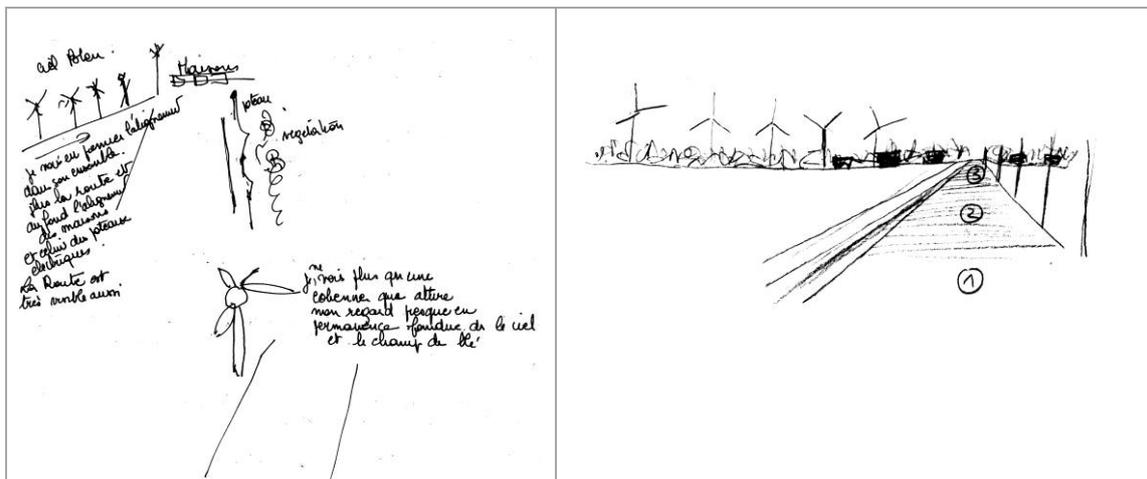


Figure 88 : Exemples de dessins du parcours 2 par deux enquêtés (expérimentation 1)

### 7.1.3 Dispositif virtuel

Nous avons regroupé dans ce paragraphe les résultats issus du questionnaire et ceux issus de l'analyse des commentaires parce qu'ils se recoupent et se complètent. Le dispositif virtuel mis en place a eu des avantages et des inconvénients :

- *Modélisation 3D* : les participants ont été satisfaits de la modélisation des 2 parcours. Néanmoins, dans le parcours 1, un participant a focalisé sur la végétation du chemin (modélisation sur un plan 2D simplifié) ce qui a réduit son immersion dans le monde virtuel (« ... On se croit vraiment dans un jeu vidéo au niveau des arbres... on sent que c'est pas réel, on sent bien le plaquage des textures en ce qui concerne les arbres proches en tout cas ; parce que ceux qui sont loin, j'ai quand même l'impression que je suis dans un chemin... »). Les autres participants n'y ont pas fait attention mais ceci a tout de même influencé leur perception par rapport au réel parce que les plans 2D de part et d'autre du chemin accentuent l'effet de perspective et dirigent le regard vers le fond ; ceci est aussi accentué par l'absence d'interaction (le sujet est concentré sur sa perception alors que dans la réalité, une part de sa concentration est absorbée par l'action et l'interactivité) ;
- *Protocole d'immersion* : le protocole d'immersion sonore et la distance « utilisateur-écran » ont été satisfaisants pour les participants. En effet, l'objectif attendu de l'intégration du son dans l'expérimentation était d'améliorer l'immersion, d'avoir la même perception sonore et la même intersensorialité comme dans le monde réel (dans notre cas, l'interaction de la vision et de l'ouïe), ce qui a été le cas dans cette expérimentation. La distance de 1m50 entre l'utilisateur et l'écran n'a pas gêné l'utilisateur (acuité visuelle, résolution de l'écran, écran à lentilles de Fresnel) ; en revanche, le champ visuel utilisé (77°H et 62°V) est considéré comme limité dans un paysage aussi étalé horizontalement (parcours 2) et pour des éoliennes aussi élancées verticalement (nous rappelons que ce champ visuel est calculé pour avoir l'échelle 1/1) ;
- *Absence d'interaction* : elle a influencé la perception et le comportement de l'utilisateur en contraignant la direction de la caméra et en limitant le mouvement du champ visuel. Ceci a engendré un discours centré sur les éoliennes dans le parcours 2 contrairement à l'enquête *in situ* et un discours moins polarisé sur les éoliennes et sur leur échelle impressionnante dans le parcours 1 contrairement à l'enquête réelle. De plus, le fait d'être inactif a donné envie d'accélérer le déplacement ou de le ralentir (lorsque le sujet passe au pied de l'éolienne).

### 7.1.4 Discussion

Cette expérimentation avait pour but de rendre compte du rôle de l'interaction *in vitro*. Elle doit être comparée aux deux expérimentations qui vont suivre. Mais nous pouvons déjà discuter ses résultats en tant que tels et en les comparant avec l'enquête *in situ* (cf. Section 7.4, Tableau 27) :

- *Immersion visuelle* : 1/ la végétation 2D du parcours 1 a influencé la perception de l'utilisateur (accentuation de la perspective, diminution de l'immersion par le manque de réalisme) mais nous pensons que l'interaction peut diminuer les effets de ce biais sur l'utilisateur, 2/ le champ visuel est limité horizontalement dans les 2 parcours et verticalement dans le parcours 1, cette contrainte dépend des dimensions de l'écran mais aussi du champ visuel fixe sans que l'utilisateur puisse le modifier. C'est pour cela que nous pensons que l'interaction (changer de point de vue et promener son regard) peut aussi remédier à ce biais ;
- *Immersion sonore* : la perception sonore a été similaire à l'enquête *in situ*. Pourtant elle n'est pas fidèle à la réalité ; nous n'avons restitué que les sons qui nous semblaient les plus importants : le bruit des éoliennes (parcours 1) et l'ambiance sonore de la campagne avec les

chants des oiseaux en premier lieu (parcours 1 et 2). Cette perception sonore a interagi avec la perception visuelle puisqu'elle a conforté l'image visuelle de la campagne dans le parcours 2 et elle a accompagné le mouvement des pales dans le parcours 1. Dans ce dernier cas, les caractéristiques sonores du bruit des éoliennes sont aussi retrouvées (répétition, rythme lassant) ;

- *Carte mentale* : la carte mentale du parcours 2 est assez fidèle au monde virtuel contrairement au parcours 1. En effet, le paysage du parcours 2 a été constant du début jusqu'à la fin avec peu d'éléments visuels et peu de changements ce qui a favorisé sa mémorisation, tandis que dans le parcours 1, la contrainte de mouvement et de champ visuel a faussé la perception de l'espace (les éoliennes ne structurent pas de la même manière l'espace que dans la carte mentale réelle) ;
- *Ambiances tactiles, thermiques et olfactives* : dans le contexte réel, le vent et la sensation du vent, la marche et la sensation de la marche (bruit des chaussures, fatigue, augmentation de la température, ralentir/accélérer/s'arrêter, etc.) et les odeurs de la campagne ont participé et influencé la perception et le mouvement des participants dans le parcours. Ces sensations sont absentes *in vitro* mais elles n'ont pas été mentionnées par les participants sauf en ce qui concerne l'absence de la marche (2 participants). Cependant ces absences (vent, marche, odeurs, etc.) ont peu influencé la perception visuelle et sonore *in vitro* (*in situ*, l'influence était essentiellement ressentie lorsque le vent soufflait fort). Nous pensons donc que, tout comme la restitution sonore, la restitution de tous les sens dans le monde virtuel peut être une question de « choix » : tous les sens n'ont pas besoin d'être restitués pour restituer la même expérience paysagère.

Nous rappelons que ces premiers résultats correspondent à un échantillon de personnes réduit. Ils seront argumentés, appuyés ou contredits dans les expérimentations qui suivront.

## 7.2 Expérimentation 2 : Interaction avec une Wiimote

L'objectif de cette étude intermédiaire est de rendre compte des potentialités de l'interaction et du mouvement par stimulation uniquement visuelle dans l'expérience paysagère et des éventuelles limites. 27 participants ont effectué cette deuxième expérience *in vitro* : 14 participants dans le parcours 1 et 13 participants dans le parcours 2. Les informations concernant la population interrogée (sexe, âge, activité professionnelle) sont en Annexe 5. Cette expérimentation s'est déroulée à Brest (la salle immersive du CERV). La procédure d'analyse des résultats est similaire à l'enquête immersive *in situ* (cf. paragraphe 6.2.1) sauf qu'un document vidéo des parcours commentés en salle immersive étaye la contextualisation des discours. Nous allons comparer ces résultats par rapport à ceux de l'expérimentation 1 mais surtout par rapport à ceux de l'enquête *in situ* qui constituent nos référents dans les 3 expérimentations. Cependant, la validation de notre méthode reposera essentiellement sur la dernière comparaison (*in situ*/expérimentation 3).

## 7.2.1 Résultats de l'étude subjective spontanée (les parcours commentés)

### 7.2.1.1 Caractérisation de la perception

Les commentaires des participants se sont principalement rapportés à la perception visuelle (46% des commentaires) et sonore (26%). La perception visuelle est moins importante que dans l'enquête *in situ* car un discours sur le dispositif d'interaction est apparu (« Là, je suis frustré parce que je voulais aller voir le panneau... », « On ne peut pas avancer plus vite ? »), il concerne essentiellement le mode de déplacement dans le monde virtuel. La caractérisation de la perception se rapporte donc à la perception visuelle et sonore.

#### a/ Perception visuelle

La perception visuelle s'est rapportée aux éléments paysagers mais aussi à des jugements visuels sur le modèle virtuel. Le participant questionne le réalisme du modèle même s'il ne connaît pas le parc réel : parfois il félicite le « réalisme » de la scène (« c'est sympa ce genre de balade parce que c'est bien représenté... ») tandis que parfois, il le met en cause surtout dans le parcours 1 où 36% des participants ont été déçus du réalisme des haies qui encadrent le chemin parce qu'elles sont en 2D (« le sol est bien fait... je regarde la végétation... les arbres sont plus en 3D que les haies que je trouve artificielles... ») (Figure 89).



Figure 89 : Végétation plate au niveau du chemin du parcours 1 (expérimentation 2)

La perception visuelle a primé dans le discours des enquêtés et a concerné les éoliennes et le chemin arboré dans le parcours 1 ; et les éoliennes, l'environnement immédiat (champs, vaches, maisons) et la perspective de la route dans le parcours 2 (Figure 90). Les caractéristiques visuelles de chacun de ces éléments dans le discours des participants sont décrites dans le Tableau 19.

	Parcours 1 (aire immédiate)	Parcours 2 (aire intermédiaire)
Paysage Éléments perçus / Description	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Les éoliennes</u> : 57% des sujets ont été impressionnés par l'échelle de l'éolienne (« <i>c'est impressionnant, c'est grand... Tout est plat et d'un coup quelque chose de géant !</i> ») et 28% par la rotation des pales (« <i>mon regard est attiré par les éoliennes, surtout les pales qui tournent... Le mouvement...</i> »).</li> <li>▪ <u>Le chemin arboré</u> : lorsque le sujet est entre 2 éoliennes, il a une double attraction visuelle : 1/ la végétation qui rappelle un cadre naturel agréable (36% : « <i>le cadre est sympathique : la petite route de terre, les haies, les arbres de chaque côté... C'est très verdoyant, c'est plutôt agréable...</i> ») ou un défaut de modélisation (36% : « <i>la végétation c'est un peu plat, ça fait comme un mur et c'est dense !</i> ») et 2/ la perspective du chemin parce que c'est le point de fuite, parce qu'on a naturellement tendance à regarder où on va surtout pour un parcours « inconnu » (« <i>maintenant, mon regard se fixe sur l'horizon de la route...</i> ») et parce que les limites de l'écran empêchent de voir toute l'éolienne (Figure 90).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Les éoliennes en arrière-plan</u> : tous les participants ne voient pas la totalité des éoliennes tout de suite à cause des limites de l'écran (Figure 90). 72% des sujets sont essentiellement attirés par la rotation des pales (« <i>je regarde les éoliennes qui tournent surtout... On les voit bien avec l'horizon qui est bien dégagé...</i> ») et 15% ont dit que c'était l'échelle qui les attirait le plus (« <i>... Parce qu'elles dépassent largement des autres objets tout autour...</i> »). Mais nous pensons que les deux caractéristiques visuelles se complètent pour attirer le regard de l'observateur.</li> <li>▪ <u>La perspective de la route</u> qui joint le premier plan à l'arrière-plan : 53% des sujets ont été attirés par la perspective de la route parce que l'effet de perspective accompagne leurs yeux jusqu'au point de fuite, parce qu'ils doivent regarder là où ils avancent et parce que les limites de l'écran limitent la vision horizontale vers les éoliennes qui a été plus fortement ressentie <i>in situ</i> (« <i>quand je regarde la perspective de la route, j'ai 3 éoliennes dans mon champ de vision</i> », « <i>j'ai tendance à regarder l'éolienne la plus proche de la route parce qu'on a la route en perspective et parce que je regarde où je vais...</i> »).</li> <li>▪ <u>L'environnement en général</u> sur différents plans : les champs à droite et à gauche de l'image (1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> plans), les vaches (2<sup>e</sup> plan) et les maisons (arrière-plan) créent une perception visuelle dynamique, c'est-à-dire que les yeux se déplacent continuellement dans le monde virtuel entre les différents plans et grâce à l'espace ouvert et dégagé. Cet environnement est qualifié « d'agréable », de « pas stressant », « calme » et « un paysage de campagne qui est plutôt agréable ».</li> </ul>

Tableau 19 : Analyse de la perception visuelle dans les commentaires (expérimentation 2)



Figure 90 : Les dimensions de l'écran empêchent de voir toutes les éoliennes dans le parcours 2 et parfois toute l'éolienne dans le parcours 1 (expérimentation 2)

Comme *in situ*, les résultats montrent aussi que l'évaluation visuelle des éoliennes dans le parcours 2 (« *un espèce de jeu avec le vent* ») est plus positive que celle dans le parcours 1 (une éolienne à la fois). Il est manifeste que l'unité du paysage comme un tout indissociable est plus lisible dans le parcours 2 (équilibre horizontal/vertical) que dans le parcours 1 où la verticalité

prédomine ; toutefois, la prédominance de la verticale a été pondérée *in vitro* parce que le participant ne le ressentait qu'au pied de l'éolienne. Entre deux éoliennes, le chemin arboré est plus attirant et l'écran ne permet parfois pas de voir « naturellement » toute l'éolienne (cf. Figure 90), le participant doit manipuler la Wiimote pour regarder en haut.

Nous regroupons dans le Tableau 20 tous les qualificatifs dégagés des commentaires dans les deux parcours. Nous remarquons que les qualificatifs sont plutôt positifs dans leur ensemble. En ce qui concerne le mouvement des pales, les qualificatifs positifs ont concerné le parcours 2 alors que les négatifs ont été cités pour le parcours 1. Les qualificatifs relatifs à l'esthétique ont concerné équitablement les deux parcours (nous pensons que l'image écologique positive de l'éolienne a influencé la dimension esthétique de l'éolienne dans le parcours 1). Les qualificatifs liés à l'échelle de l'éolienne sont les plus cités dans le parcours 1. Bien que l'éolienne ait plus impressionné par son échelle dans le parcours 1 comme dans l'enquête *in situ*, cette impression est moins fortement ressentie que dans le parcours réel (« elle me paraît plus petite l'éolienne ici que celles vues dans la réalité... en fait, quand je regarde le haut de l'éolienne, j'ai l'impression d'être un géant... sauf quand je regarde son pied... »). Nous pensons que cela peut s'expliquer par la distance « œil-rotor » qui diffère entre les deux mondes : *in situ*, cette distance est supérieure à 50m alors qu'*in vitro*, cette distance correspond à la distance « œil-écran » et qui est ici de 1m20.

<b>Parcours 1 &amp; 2</b>			
<i>Eolienne / Groupe d'éoliennes</i>			
	<b>Taille / Echelle</b>	<b>Esthétique</b>	<b>Mouvement des pales</b>
<i>Adjectifs / description</i>	1/ (très) grand, impressionnant, majestueux 2/ immense, haut, gigantesque 3/ gros, balaise, long, massif, imposant, élancé, placide, énorme	Joli, majestueux, fin, esthétique, élégant, forme épurée, original, aérien, agréable, harmonieux	Bruyant, puissant, continu, régulier, aérodynamique

Tableau 20 : Qualification des éoliennes dans les parcours (expérimentation 2)

Comme *in situ*, les réponses ont révélé deux types de références d'objets : une référence à un objet technique et/ou une référence à un objet de l'espace rural (Tableau 21), mais les références techniques sont plus importantes (88% des sujets dans les 2 parcours). *In situ*, le discours sur les différentes parties de l'éolienne (mât, rotor, nacelle et pales) a été suscité dans les 2 parcours mais principalement dans le parcours 1 puisque les sous-parties de l'éolienne sont plus proches de l'œil de l'observateur. *In vitro*, le discours a généralement concerné l'objet « éolienne » dans sa globalité, les participants ont fait moins attention aux détails de l'éolienne parce que le monde virtuel manque de relief sur un écran 2D par rapport à la réalité (surtout que nous n'avons pas utilisé la stéréoscopie) et dans le parcours 1, cela peut aussi être dû à la couleur grise du ciel qui fait que l'éolienne s'y confond.

	<i>Eolienne</i>	<i>Mât</i>	<i>Nacelle/Rotor</i>	<i>Pales</i>
<i>Objets de l'espace rural</i>	Moulin, moulinet	Grand pic	-	-
<i>Objets techniques</i>	Nouvelle technologie, gros boulon blanc	Poteau, Mât cylindrique, pylône, tour	Rotor, cœur compact	Hélice Ailes d'avion

Tableau 21 : Les objets référant à l'éolienne et à ses différentes parties dans le discours des sujets (expérimentation 2)

## b/ Perception sonore

Le changement de salle immersive a induit un changement de rendu sonore. La salle immersive du CERV est plus grande que celle de l'IRCCyN (expérimentation 1 et 3) et les enceintes acoustiques sont plus éloignées de l'utilisateur (cf. Figure 69 et Figure 70). Les sons étaient donc perçus moins fortement que pour les expérimentations 1 et 3 ; comme si le vent soufflait plus faiblement. Nous avons intentionnellement gardé cet écart afin d'étudier un éventuel changement dans la perception sonore comme c'était le cas *in situ* lorsque le vent changeait de force. Nous avons eu donc des remarques sur le faible bruit des éoliennes (« *Il y a les oiseaux et un autre bruit... c'est les éoliennes ? Je pensais que c'était plus bruyant ! J'entends toujours dire que c'est plus bruyant...* », « *Je pensais qu'on entendrait plus les éoliennes en s'approchant...* ») comme c'était le cas sur site lorsque le vent soufflait faiblement (« *On finit par s'y habituer, je ne m'attendais pas à cela en fait, ça ne me choque pas du tout...* »). Ces commentaires reflètent l'influence des médias et des associations sur l'image « bruyante » des éoliennes ; nous avons tout de même essayé d'expliquer aux utilisateurs que le bruit n'est jamais constant et qu'il change avec la force du vent et surtout avec la distance de l'observateur par rapport au parc.

Nous avons aussi intégré un bruit de vent dans les premières passations d'enquête (parcours 2) que nous avons ensuite supprimé parce que les participants pensaient qu'il s'agissait des vagues, la mer ou des éoliennes (« *il y a des petits oiseaux au début et un petit bruit cyclique... c'est les éoliennes ?* », « *on entend comme un bruit de mouettes et de la mer...* »).

Comme pour le parcours 1 réel, le bruit des éoliennes dans le monde virtuel a été plus remarqué et cité dans le discours en début de parcours qu'à la fin (habituation : « *Même le bruit, il me paraît moins gênant maintenant !* ») ; il a aussi été perçu négativement dans sa durée, sa continuité et son aspect répétitif. Dans le parcours 2, comme pour l'expérimentation 1, l'ambiance sonore basée sur le chant des oiseaux a amélioré l'immersion et l'image de la « campagne » dans la perception des participants (« *On entend les oiseaux... c'est reposant, il n'y a pas trop de bruit, juste le bruit de la nature...* »). Le bruit des voitures (parcours 1 et 2) en début de parcours a tout de même perturbé certains parce qu'ils ne voyaient pas les voitures et ne comprenaient pas où ils étaient.

Dans le parcours 1, ceux qui connaissent déjà le bruit des éoliennes se mettaient à le comparer à leur perception sonore mémorisée du réel (« *Je les trouve plus silencieuses en vrai* », « *Je reconnais le bruit mais je le trouve un peu moins fort que dans la réalité...* »). Nous avons demandé aux différents sujets de qualifier le bruit des pales (« *si vous devez l'identifier à un bruit du quotidien ?* »), 85% d'entre eux ont classé le bruit des pales comme un bruit mécanique (Tableau 22) comme dans le monde réel.

Parcours 1			
	% sujets	Source sonore	Jugements
Sons mécaniques	12/14	Machine à laver, aspirateur, radiateur électrique, ventilateur, sèche-linge, ventilation, climatisation, lave-vaisselle, VMC	<i>Appréciation</i> : un peu bruyant, pas très agréable, lassant à la longue,
Espace rural ou sons "naturels"	2/14	Vagues mais en plus rapide	<i>Caractéristique</i> : cyclique, régulier, continu, répétitif, rotatif, bourdonnement, ronronnement

Tableau 22 : Références et jugements sonores sur le bruit des éoliennes dans les commentaires (expérimentation 2)

### c/ Conclusion

Tout comme l'enquête *in situ*, nous avons senti une influence de la dimension écologique des éoliennes sur le discours des enquêtés *in vitro* (« *C'est fait pour avoir de l'énergie...* », « *Le fait que c'est bien pour la planète, tu essaies de positiver aussi !* »). Les éoliennes jouissent généralement d'une image globale favorable qui valorise leur perception dans le paysage et qu'il faudrait confirmer avec des implantations paysagères réussies. Nous avons déjà évoqué dans l'enquête *in situ* comment cette image écologique influence positivement la perception des éoliennes comme objets mais aussi dans le paysage. Cette image induit aussi que les éoliennes doivent « forcément » être toujours en production et donc les pales doivent tourner continuellement sinon l'observateur est « déçu ». De plus, cette vision dynamique, nous avons vu qu'elle était très appréciée dans le parcours 2 et qu'elle renforçait l'unité et le rythme du parc.

Comme *in situ*, la globalité de la perception, et plus précisément dans notre cas l'interaction entre le visuel et le sonore, est capitale dans la perception du parcours. Dans le parcours 1, elle est encore plus importante puisque les éoliennes sont proches et par conséquent, elles donnent le « caractère » du paysage environnant l'utilisateur : un paysage « manufacturé » comme c'était le cas *in situ*. Dans le parcours 2, l'interaction visuel/sonore est très visible en début de parcours lorsque l'utilisateur a entendu des voitures sans les voir (« *je me demande où sont les voitures ? Je ne les vois pas...* »). La moindre discordance entre les deux sens empêche l'utilisateur de se sentir immergé dans le parcours virtuel. Sinon, comme *in situ*, l'ambiance sonore campagnarde a renforcé la lecture du paysage rural *in vitro*.

Le phénomène d'accoutumance a été aussi discerné *in vitro* grâce à la perception en mouvement. Nous remarquons que la perception visuelle et sonore du début du parcours tend dans le temps vers une perception visuelle parce que la composante sonore constante dans les 2 parcours est « intégrée » au fur et à mesure que l'on évolue dans le parcours. Dans le parcours 1 par exemple, la 1<sup>ère</sup> éolienne est toujours plus « impressionnante » visuellement et acoustiquement que la 3<sup>ème</sup> éolienne. En outre, comme *in situ*, la verbalisation de la perception a été plus difficile en début de parcours puisque l'enquêté ne sait pas quoi dire et comment satisfaire l'enquêteur.

### 7.2.1.2 Contextualisation de la perception

#### a/ Influence des formes spatiales et des facteurs physiques

Comme dans l'expérimentation 1, les ambiances lumineuses et sonores sont ici figées. Dans l'enquête *in situ*, même si les enquêtés ne se sont pas exprimés sur la sensation du vent (perception tactile), nous avons noté son influence sur leur comportement surtout lorsque la force du vent est importante mais nous pensons que cette influence est minime pour des forces de vent modérées. *In vitro*, la perception tactile est absente (comme le comportement moteur de la marche, la sensation de fatigue due à la marche, etc.) pourtant un seul participant sur les 27 a exprimé cette absence (« *normalement, je pense qu'ici on doit sentir un mouvement d'air...* ») ce qui confirme que cette perception est habituellement très peu « pensée » et encore moins verbalisée. La comparaison entre la caractérisation et la contextualisation de la perception *in situ/in vitro* ne montre pas de divergences liées à cette sensation.

En ce qui concerne les formes spatiales, le champ visuel du parcours 1 a été centré sur le chemin et dirigé vers le fond du parcours à cause du cloisonnement spatial et de la perspective attirante. Dans le parcours 2, le champ visuel ouvert et centré sur la route a aussi attiré le regard de l'utilisateur plus que les éoliennes même si la rotation des pales a tout de même créé un point focal différent du point de fuite de la route. Nous allons développer cela dans l'analyse de la perception en mouvement ci-dessous.

#### b/ Perception en mouvement

La perception en mouvement est celle qui semble la plus intéressante parce qu'elle recoupe et explique beaucoup de résultats. Les enregistrements vidéo nous ont beaucoup aidés à comprendre les actions de l'utilisateur et à les situer dans l'espace et dans le temps. Selon les cartes de séquences que nous avons établies par déduction des discours et des enregistrements vidéo, cinq séquences se dégagent des discours du parcours 1 (Figure 91) et trois séquences du parcours 2 (Figure 92). Elles rendent compte des résultats de la perception visuelle et sonore décrits ci-dessus en les situant dans l'espace-temps.

En ce qui concerne le parcours 1, les cinq séquences correspondent aux changements de formes spatiales quand l'utilisateur évolue dans l'espace. L'omniprésence d'un discours sur les éoliennes dans l'enquête *in situ* a fait place ici à un discours alterné dû aux séquences 2 et 4 qui ont eu des commentaires plus liés au chemin qu'aux éoliennes. Ceci est dû, comme nous l'avons déjà noté, tout d'abord à l'effet de perspective du chemin qui a été accentué par les plans 2D de la végétation et a donc attiré l'œil de l'utilisateur mais aussi à la modélisation même de la végétation en 2D qui a attiré l'attention par son manque de réalisme (d'autres paramètres entrent aussi en jeu, ils seront présentés dans le paragraphe 7.1.3). Dans ces deux séquences, 63% des sujets ont eu envie d'accélérer le pas (« *Je ne peux pas aller plus vite ? C'est lent...* », « *J'ai envie d'avancer plus vite...* »). Dans la séquence 1, l'utilisateur est « impressionné » par la hauteur de l'éolienne, et surpris par la découverte de l'objet, il manipule la Wiimote pour regarder en haut du mât, veut aller à son pied et se rend compte qu'il ne peut pas (63% des sujets) (« *là, je suis frustré parce que je voulais aller au pied de l'éolienne...* »), ceci a diminué son immersion. Quant à la perception sonore, elle a suscité le discours essentiellement en début de parcours parce que la majorité des participants étaient curieux de découvrir le bruit des éoliennes de près et certains le comparaient à ce qu'ils connaissaient déjà. Le son des oiseaux a été aussi évoqué contrairement au bruit des voitures en début de parcours, le

bruit des éoliennes a retenu toute l'attention sonore de l'utilisateur. Nous avons aussi remarqué que le phénomène d'accoutumance s'opérait pareillement qu'*in situ* : plus nous avançons dans le parcours, plus la perception sonore de l'enquêté ne suscitait plus sa parole. A la fin du parcours, il reconnaît qu'il s'est habitué aux sons et qu'il n'y a plus fait attention à la fin du parcours. Pour conclure, nous pouvons dire que le parcours visuel et sonore *in vitro* est principalement divergent avec celui réel dans les séquences 2 et 4.

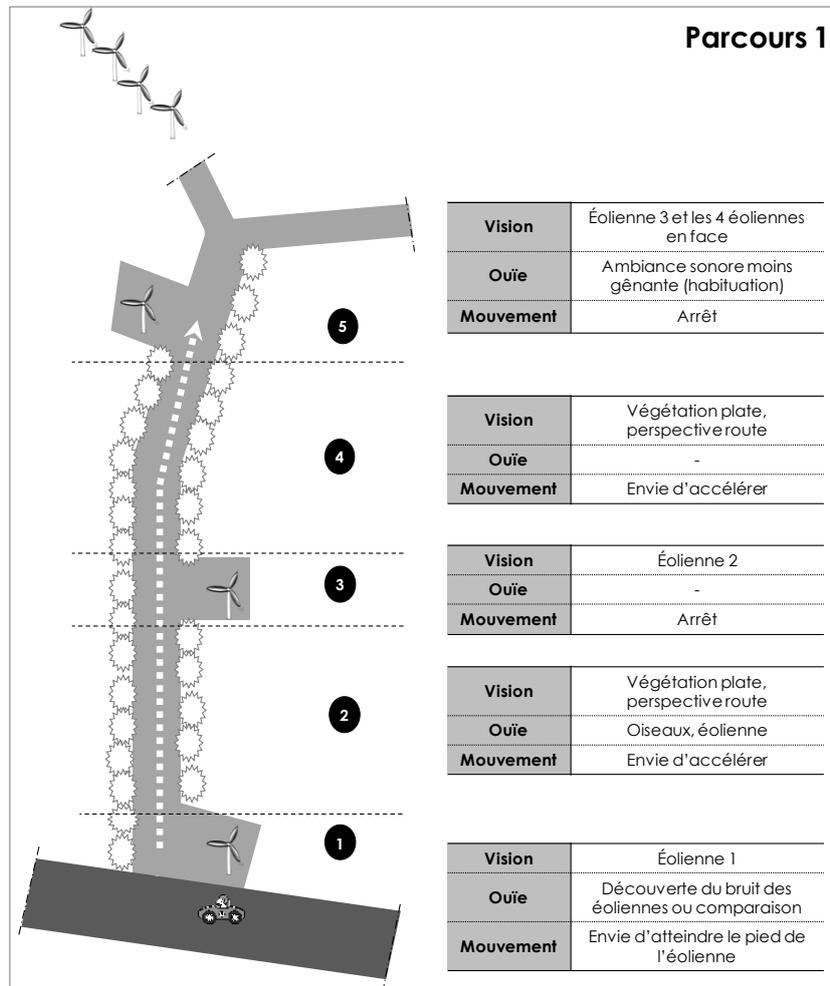


Figure 91 : Perception des séquences du parcours 1 d'après les commentaires des sujets (expérimentation 2)

En ce qui concerne le parcours 2, les trois séquences se distinguent selon des critères spatiaux et temporels. Les paramètres spatiaux correspondent au changement du champ visuel de l'utilisateur : au départ, il a une vision globale de l'environnement centrée sur la route avec différents éléments visuels (1<sup>ère</sup> séquence), plus il avance dans le parcours, plus ces éléments diminuent et un zoom s'opère sur le paysage. À la fin du parcours, il se retrouve à proximité de l'éolienne la plus proche et des maisons (3<sup>e</sup> séquence). Ces paramètres spatiaux correspondent à ceux du parcours réel. Les paramètres temporels concernent le temps d'adaptation à la Wiimote et la familiarisation au monde virtuel. En effet, la 1<sup>ère</sup> séquence révèle que les participants restent généralement fixés sur la route sans regarder ni à droite ni à gauche pour découvrir l'environnement parce qu'ils ne se sont pas encore habitués au système de la Wiimote ; par conséquent, seules les trois premières éoliennes sont visibles à l'écran et la lecture horizontale des éoliennes que nous avons dans le parcours réel est

remplacée par une lecture en perspective sur la route. Et bien que dans la 2<sup>e</sup> séquence, les participants tournent leurs yeux pour regarder les 7 éoliennes, ils reviennent toujours se recentrer sur la route pour pouvoir avancer (ils ont besoin de voir où ils marchent). Cette lecture en profondeur est prépondérante sur les deux premières séquences du parcours. Dans la 2<sup>e</sup> séquence, 46% des utilisateurs ont eu envie d'accélérer le pas (« *J'ai envie d'atteindre le village là-bas...* ») parce que la perspective de la route attire leur attention mais aussi parce que le paysage est inchangé sur tout le parcours (on a envie d'atteindre plus vite le hameau). Quant à la perception sonore, elle n'a pas été beaucoup exprimée parce qu'elle a été « intégrée » dans le vécu du parcours, c'est-à-dire qu'elle a correspondu au visuel d'une promenade en campagne ; toutefois, comme *in situ*, les enquêtés se sont exprimés sur le sonore en début de parcours plus qu'à la fin parce que soit, ils sont naturellement très attentifs à ce nouvel espace virtuel qu'ils découvrent, soit ils essaient tout de suite de s'exécuter à la demande de l'investigateur (« *ce qui vous est demandé dans ce parcours, c'est de me décrire l'espace, ce que vous faites, ce qui attire votre attention, ce que vous regardez ou entendez, etc.* »), soit le bruit des voitures a attiré tout de suite leur attention parce qu'incongru dans ce paysage rural et surtout non visible puisque la route fréquentée par les voitures est derrière le participant.

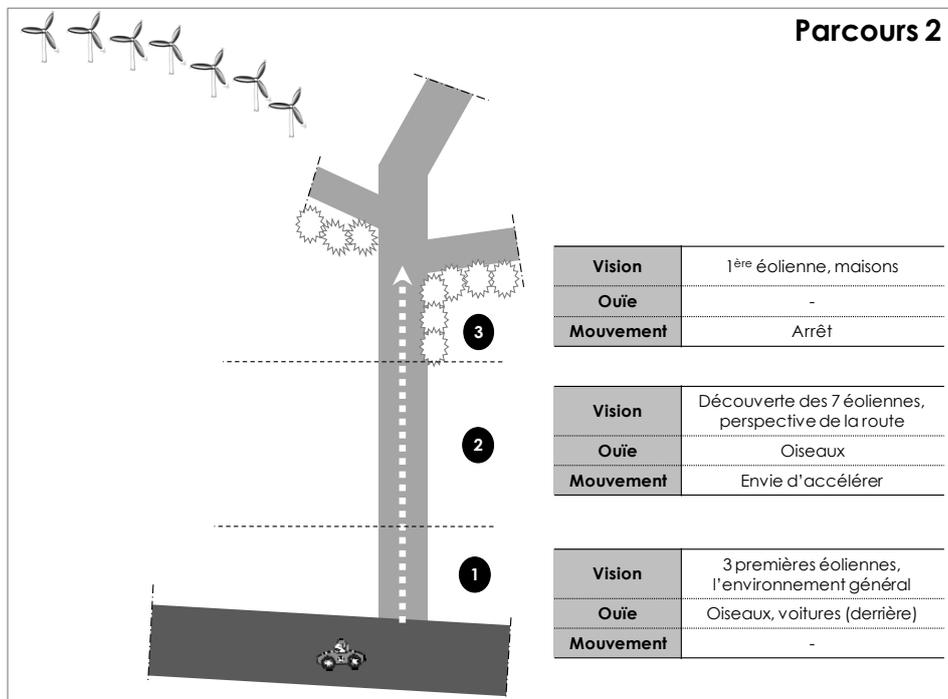


Figure 92 : Perception des séquences du parcours 2 d'après les commentaires des sujets (expérimentation 2)

Bien que la manipulation de la Wiimote ait été vite appréhendée par la plupart des personnes, nous avons remarqué que les sujets « oublient » parfois de la manipuler pour regarder droite/gauche (essentiellement en parcours 2) et haut/bas (essentiellement en parcours 1) parce que ces actions ne sont pas naturelles surtout pour les personnes qui ne sont pas habituées aux environnements virtuels. Nous avons en effet constaté que les enquêtés qui sont familiers avec les jeux vidéo, ont beaucoup mieux exploré le monde virtuel – et étaient aussi plus critiques en ce qui concerne la modélisation 3D – que ceux qui ne l'étaient pas.

## 7.2.2 Résultats de l'étude subjective orientée (les questionnaires)

### 7.2.2.1 Caractérisation de la perception

#### a/ Perception visuelle

Dans le parcours 1, tous les sujets ont été attirés par les éoliennes, 57% d'entre eux précisent que c'est la taille qui a le plus d'impact visuel (aucun participant n'a gardé en mémoire la rotation des pales comme caractère important de l'éolienne). Cette attraction visuelle n'est pas négative, au contraire, la majorité des enquêtés pensent que sans les éoliennes le parcours serait « *banal* » et « *monotone* ». 43% des sujets précisent qu'ils ont été visuellement attirés par la végétation environnante.

Dans le parcours 2, 92% des sujets ont été attirés en premier lieu par les éoliennes : 23% des participants précisent que c'est le mouvement des pales qui a le plus d'impact et 23% affirment que c'est plutôt l'échelle. 89% pensent que cet impact est positif et « *plaisant* ». En deuxième lieu, 38% des participants ont été attirés par les champs, les vaches et les maisons. Et en troisième lieu, 15% ont été attirés par la route en perspective devant eux pourtant, dans les parcours commentés en immersion, ils étaient 54%. Cela veut dire que cette attraction pourtant forte en immersion n'a pas été mémorisée.

#### b/ Perception sonore

Dans le parcours 1, la perception sonore a concerné les éoliennes (tous les participants) et les oiseaux (86%). *In situ*, les oiseaux ont été moins perçus par les participants, le renforcement de cette perception *in vitro* n'a pas influé sur la lecture du parcours et surtout sur l'appréciation de l'impact sonore des éoliennes (notre objectif). Ce dernier a été jugé « *lassant et désagréable parce que constant et cyclique* » par 43% des sujets (moins qu'en immersion).

Dans le parcours 2, les participants ont perçu en premier lieu le son des oiseaux (92%) et en deuxième lieu le bruit des voitures (31%) ce qui est différent de la perception *in situ* (le bruit des voitures a été le plus perçu puis celui des oiseaux) pourtant, l'ambiance sonore générale a été similaire entre les deux mondes, c'est-à-dire qu'elle a conforté dans les deux cas l'image de la campagne.

### 7.2.2.2 Contextualisation de la perception

Les dessins récoltés des questionnaires du parcours 1 sont plus structurés que ceux de l'expérimentation 1. 36% des participants ont identifié les 5 séquences que nous avons déduites de l'analyse de la perception en mouvement dans les parcours commentés (cf. paragraphe 7.2.1.1) (Figure 93, dessins b et c) ; c'est-à-dire qu'ils ont saisi l'alternance des espaces par rapport à leurs formes et qu'ils ont appréhendé le parcours grâce à la liberté de mouvement (vision et déplacement) qu'ils ont eu. Tous les participants ont proposé au moins 3 séquences au parcours (Figure 93, dessins a et d) qui correspondent au début du parcours (1<sup>ère</sup> éolienne), milieu du parcours (chemin bordé de végétation) et fin du parcours (au niveau de la 3<sup>e</sup> éolienne, l'ouverture de l'espace sur un groupement d'éoliennes ; cf. Figure 83). Ces trois séquences s'accordent aux résultats de l'enquête *in situ* (les moments « forts » du parcours pour son observateur) ; toutefois, *in vitro*, les éléments qui structurent

la carte mentale du parcours pour les participants sont les éoliennes et le chemin (c'est ce que nous avons déduits dans nos résultats sur la caractérisation de la perception dans les parcours commentés ; cf. paragraphe 7.2.1.1) alors que ce sont essentiellement les éoliennes qui structuraient l'espace *in situ* (100% des participants et 50% pour le chemin). De plus, dans la première séquence, 43% des participants ont inclus dans leurs dessins le rapport d'échelle « utilisateur (lui-même) / éolienne » (Figure 93, dessins d), ce que nous retrouvons aussi dans les questionnaires de l'enquête *in situ* et non dans ceux de l'expérimentation 1. Nous expliquons cela par l'importance du paramètre « temps » dans l'appréhension des dimensions : c'est-à-dire que l'échelle de l'éolienne s'appréhende dans la durée ou le temps d'arrêt que marque l'observateur au pied de l'objet. Ce temps d'arrêt n'a pas eu lieu dans l'expérimentation 1 ce qui a empêché l'utilisateur de saisir son échelle par rapport à l'objet.

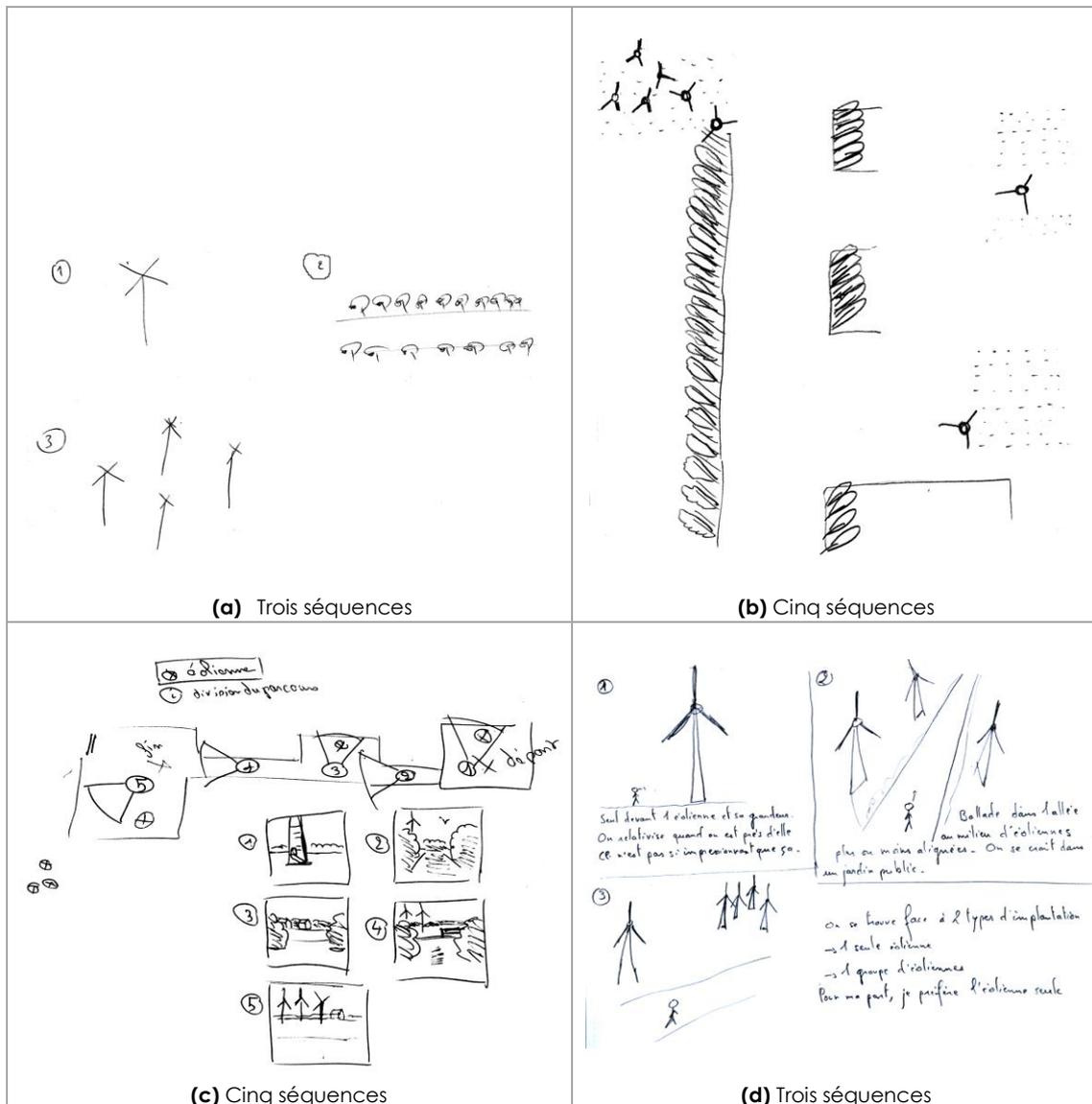


Figure 93 : Exemples de dessins du parcours 1 par quatre enquêtés (expérimentation 2)

Dans le parcours 2, 63% des sujets ont dessiné le parcours en 3 séquences (Figure 94, dessin b), 25% ont dessiné 2 séquences (Figure 94, dessin c) et 12% ont dessiné le parcours en une seule séquence (Figure 94, dessin a). La division en 3 séquences correspond pour les participants au début de parcours (découverte de la scène et prise en main de la Wiimote ce qui n'existe *in situ*), milieu du parcours (la ballade proprement dite) et fin de parcours (focalisation sur l'éolienne ou les éoliennes les plus proches). Les deux dernières séquences correspondent concrètement aux séquences spatiales de l'enquête *in situ* (l'effet de zoom sur le paysage) ; la première séquence n'est pas spatiale. Quant aux éléments structurants de l'espace qui sont aussi les éléments les plus marquants pour le participant, ce sont les éoliennes et la route que nous retrouvons dans tous les dessins. Nous retrouvons aussi les conséquences de la limite horizontale de l'écran puisque la majorité des participants a dessiné ce que le champ de vision leur permettait de voir ; c'est-à-dire 2 à 4 éoliennes. Outre les éoliennes et la route, les maisons et les vaches ont aussi servi de repères visuels à l'utilisateur (comme *in situ*).

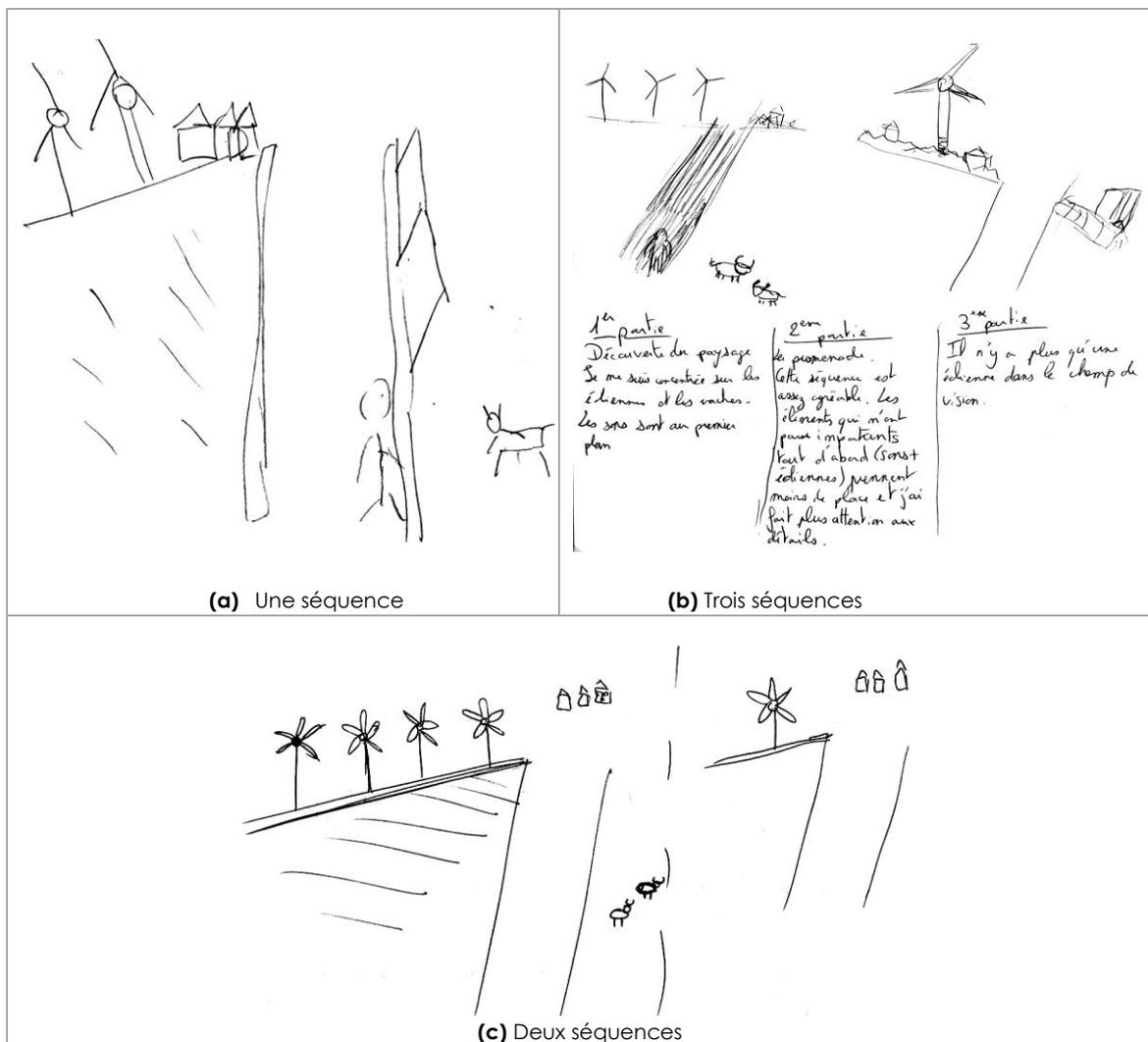


Figure 94 : Exemples de dessins du parcours 2 par deux enquêtés (expérimentation 2)

Les dessins que nous avons obtenus dans cette expérimentation sont généralement bien structurés et reflètent la compréhension de l'espace par le sujet. Nous pensons – comme nous l'avons suggéré

dans les résultats de l'enquête *in situ* (cf. paragraphe 6.2.3.2) – que cela est dû à l'âge et au niveau d'étude des participants (dans cette expérimentation, tous les participants ont entre 20 et 35 ans avec un haut niveau d'étude).

Pour conclure, nous remarquons dans le dessin de ces cartes mentales que le visuel prime dans la mémorisation de l'espace. *In situ* comme *in vitro*, les participants n'ont pas dessiné ni la route d'où provenait le bruit des voitures ni des oiseaux. C'est ce qui confirme l'importance de l'étude immersive de la perception immédiate d'un paysage et les limites des études par les questionnaires.

### 7.2.3 Dispositif virtuel

Comme pour l'expérimentation 1, nous allons aborder les avantages et les inconvénients de notre dispositif virtuel suivant quatre points :

- *Modélisation 3D* : Les différents objets modélisés (éoliennes, champs, maisons, vaches) ont participé au réalisme de la scène et donc au sentiment de présence de l'utilisateur sauf en ce qui concerne la végétation 2D en parcours 1 qui a modifié la lecture de l'espace. Elle a accentué la perspective du chemin et suscité l'envie d'accélérer des participants (« *maintenant, mon regard se fixe sur l'horizon de la route, j'ai envie d'aller plus vite...* »). Ceci s'explique par le croisement de plusieurs paramètres : 1/ le cloisonnement de l'utilisateur entre deux haies proches et opaques oppresse, 2/ l'espace sombre à cause de la végétation foncée, opaque et touffue, 3/ le paysage constant sur plusieurs dizaines voire centaines de mètres (« *on ne peut pas accélérer ? parce que c'est toujours pareil, c'est monotone...* »), 4/ l'absence du mouvement physique comme dans une promenade réelle (le participant n'a pas eu envie d'accélérer dans le parcours réel), 5/ les limites de l'écran empêchent parfois de voir l'éolienne suivante qui a attiré la perception des enquêtés *in situ* et détourné leur attention du chemin, et 6/ l'espace assombri sur les bords (au niveau de la végétation) à cause de la technologie de l'écran (Figure 95) ;
- *Protocole d'immersion* : le protocole d'immersion a été réussi en ce qui concerne l'immersion sonore comme c'était le cas pour l'expérimentation 1. La distance « utilisateur-écran » a été aussi plutôt satisfaisante pour 82% des participants. En revanche, l'écran classique a posé un problème de perception visuelle (hot spot) principalement dans le parcours 1 (Figure 95) où il a renforcé l'assombriement du chemin et l'envie de le dépasser par les participants. De plus, comme pour l'expérimentation 1, les limites horizontales (parcours 1 et 2) et verticales (parcours 1) ont fortement participé à l'effet de perspective attirante et de profondeur dans le parcours 1 et 2.
- *Protocole d'interaction* : L'interaction a permis d'être plus proche de l'enquête *in situ* que l'expérimentation 1 (la perception de l'échelle et de la rotation des pales de l'éolienne dans le parcours 1, la perception de tout l'environnement dans le parcours 2, une meilleure représentation mentale et mémorisation des parcours, etc.). Elle a permis une meilleure immersion par l'action. Seulement l'interaction n'a pas été très « naturelle » car l'utilisateur n'a pas beaucoup promené son regard préférant se recentrer à chaque fois sur le chemin où il avançait (besoin de voir le sol où il marche). De plus, l'expérience a limité le déplacement de l'utilisateur (déplacement jusqu'à 1m50 au-delà de la ligne que suit la caméra) qui a été gênant d'une part dans le parcours 1, puisque plusieurs participants ont voulu atteindre le pied de l'éolienne (« *on ne peut pas aller voir l'éolienne ?* », « *j'ai envie d'aller voir comment c'est au pied d'une éolienne en vrai !* ») et d'autre part dans les deux parcours, puisque certains utilisateurs ont voulu maîtriser la vitesse de leur marche (« *c'est lent... je ne peux pas aller plus vite ?* »). Nous avons utilisé aussi une vitesse constante de déplacement afin de

respecter la vitesse de la marche *in situ* mais cela a aussi déplu parce que cela diminue l'interaction de l'utilisateur (ne pas agir sur sa propre vitesse d'évolution comme *in situ*) et donc de son immersion. C'est pour cela que nous proposons dans l'expérimentation 3 de libérer le déplacement, la vitesse de déplacement et de pourvoir l'utilisateur d'un mouvement moteur (signaux kinesthésiques et proprioceptifs) comme dans le monde réel.

- *La Wiimote* : Les participants varient entre des utilisateurs avertis en jeux vidéos et en environnements 3D et d'autres qui ne le sont pas. Pourtant, l'interface a été plutôt transparente pour tout le monde, c'est-à-dire que la prise en main de la Wiimote a été facilement intégrée. Néanmoins, nous avons senti une certaine réticence inconsciente de la part des utilisateurs quant à l'utilisation de la Wiimote pour changer le point de vue car dans la réalité cela se passe plus naturellement (on tourne instinctivement la tête ou le regard).



Figure 95 : L'effet de l'écran classique (sans lentilles de Fresnel) sur le rendu de l'image (centre très éclairé et bords sombres) : effet « hot spot »

## 7.2.4 Discussion

La discussion des résultats obtenus porte sur 3 thèmes majeurs :

- *Eolienne* : 1/ la perception visuelle de l'éolienne dans le parcours 1 a révélé que l'échelle est le caractère le plus important de l'éolienne dans cette aire immédiate. L'impact visuel des éoliennes dans l'aire immédiate est indéniablement fort à cause de la taille de l'objet (par rapport à la taille de l'observateur) tout d'abord puis à cause du mouvement des pales. Nous avons retrouvé cet impact dans le monde réel et dans les résultats de l'expérimentation 2 contrairement à l'expérimentation 1. En revanche, la perception visuelle de l'éolienne dans le parcours 2 a révélé que le mouvement des pales, dans cette aire intermédiaire et pour des éoliennes face à l'observateur, est le caractère le plus fort suivi de l'échelle de l'objet. Un autre point à soulever entre le monde virtuel et réel est la perception des détails et des sous-objets de l'éolienne. *In situ*, nous avons obtenu des descriptions détaillées de l'éolienne dans le parcours 1 et même en fin de parcours 2 alors qu'*in vitro*, l'éolienne est généralement perçue comme un tout dont les éléments les plus visibles sont le mât et les pales. Nous pensons que cela est dû au manque de relief du monde virtuel ainsi qu'au manque de contraste dans le rendu de couleur sur l'écran (l'éolienne et le ciel sont gris). 2/ Du point de vue sonore, les trois enquêtes ont révélé le caractère rythmique et répétitif de l'objet technique qui est plus dérangeant que le bruit lui-même.
- *Paysage et éolienne* : 1/ la relation entre l'éolienne et son environnement diffère entre le parcours 1 et 2 dans les trois enquêtes immersives déjà réalisées. Le parcours 2 a été ressenti

comme un paysage rural et comme une ambiance de campagne dans les trois enquêtes grâce à la mise à distance des éoliennes avec un premier plan agricole mais surtout grâce à la mise en scène spatiale de ces objets qui conforte l'unité paysagère. Dans le parcours 1, l'enquête *in situ* a révélé une lecture « manufacturée » du paysage où la fonction technique du site prime sur son caractère rural ; dans l'expérimentation 1, le paysage a été jugé comme rural et dans l'expérimentation 2, le paysage a été plutôt « manufacturé ». Cela veut dire qu'*in vitro*, la liberté dans le mouvement du regard de l'utilisateur lui a permis de découvrir les éoliennes et de s'arrêter pour les contempler ce qui a doté le paysage du caractère « manufacturé » comme *in situ*. 2/ l'approche progressive de l'éolienne peut aussi être sujet à réflexion. Dans le parcours 1, l'observateur fait immédiatement face à l'éolienne ce qui lui procure un déséquilibre d'échelle considérable, comme une agression ; tandis que dans le parcours 2, les éoliennes sont approchées progressivement ce qui accentue la curiosité et l'attraction des observateurs (l'observateur est à chaque fois déçu qu'il n'arrive pas au pied de l'éolienne à la fin du parcours).

- *Paysage* : L'éolienne introduit aussi de nouveaux codes visuels au paysage qui sont parfois agréables et parfois désagréables à l'observateur. Habituellement en milieu rural et agricole, le paysage est plat et horizontal ; il favorise ainsi une lecture apaisante et agréable. Dans le parcours 2 réel, cette lecture se maintient et se renforce avec les éoliennes mais l'échelle change et la ligne d'horizon s'épaissit. Cette lecture est conservée dans l'expérimentation 1 mais elle est perturbée dans l'expérimentation 2 à cause des limites de l'écran, elle alterne une lecture horizontale (lorsque l'observateur regarde à gauche du côté des éoliennes) et une lecture en profondeur (lorsque l'observateur se recentre sur la route). Pourtant, dans les questionnaires, la mémoire retient essentiellement les éoliennes et non la perspective de la route (nous pensons que c'est à cause de l'effet dynamique des pales qui est plus attirant visuellement et donc plus mémorable que l'effet de perspective statique d'une route). Dans le parcours 1, avant l'implantation des éoliennes, le paysage était plat avec des champs agricoles tout autour. Avec les éoliennes, le chemin aménagé pourrait suggérer une lecture paysagère en profondeur mais les éoliennes s'imposent par leur taille : le paysage se lit verticalement. Cette lecture verticale est absente dans l'expérimentation 1 (lecture en profondeur) à cause des limites de l'écran et de l'absence d'interaction ; alors que dans l'expérimentation 2, la lecture est alternée entre une lecture verticale (éolienne) et une lecture en profondeur (chemin) à cause des limites de l'écran, du chemin qui accentue l'effet de perspective, de l'écran classique et de la vitesse constante de déplacement qui empêche l'utilisateur de dépasser l'espace sombre où il se trouve.

### 7.3 Expérimentation 3 : Interaction avec un vélo

L'objectif de cette dernière expérimentation est d'étudier le paysage sensible à travers son expérience immersive, multisensorielle et dynamique et de rendre compte des potentialités de l'interaction et du mouvement par stimulation visuelle et physique dans l'expérience paysagère. 19 participants ont effectué cette troisième expérience *in vitro* : 10 participants dans le parcours 1 et 9 participants dans le parcours 2. Les informations concernant la population interrogée (sexe, âge, activité professionnelle) sont en Annexe 5. Cette expérimentation s'est déroulée à Nantes (salle immersive de l'IRSTV). Un document vidéo des parcours commentés en salle immersive a aussi été utilisé pour nous aider dans notre analyse des résultats (contextualisation de la perception). Comme pour les autres enquêtes immersives, nous allons d'abord présenter les résultats de l'étude subjective spontanée (les parcours commentés) suivis de ceux de l'étude subjective orientée (questionnaires).

## 7.3.1 Résultats de l'étude subjective spontanée (les parcours commentés)

### 7.3.1.1 Caractérisation de la perception

Comme dans toutes les enquêtes immersives, les commentaires des participants se sont principalement rapportés à la perception visuelle (56% des commentaires) et sonore (13%). Il y a cependant aussi un discours sur le dispositif virtuel que nous discuterons en fin de section (cf. paragraphe 7.3.3). Dans ce qui suit, nous allons présenter les caractéristiques de la perception que nous avons déduites des commentaires : la perception visuelle et la perception sonore.

#### a/ Perception visuelle

La perception visuelle analysée d'après les discours s'est rapportée essentiellement aux éléments paysagers et à quelques jugements visuels sur le modèle virtuel. Comme dans l'expérimentation 2, cela a concerné « le réalisme » de la modélisation de la scène (« *je regarde aussi la végétation 2D très plate... L'éolienne est bien modélisée par contre...* » parcours 1 ; « *le site réel, c'est exactement ça sans les éoliennes ? Avec des vaches aussi ?* » parcours 2) mais les participants n'ont pas focalisé dessus surtout en ce qui concerne la végétation du parcours 1.

Dans le parcours 1, entre 2 éoliennes, le chemin a moins attiré l'attention que dans l'expérimentation 2, le participant est resté attentif à l'éolienne ou aux éoliennes situées devant lui (Figure 96). Nous expliquons cette « amélioration » de la perception – puisqu'elle est ainsi proche de ce que les usagers ont perçu dans le parcours réel – par deux optimisations de notre système de RV : 1/ l'écran avec lentilles de Fresnel « uniformise » l'affichage du monde virtuel, les bords ne sont plus sombres comme dans l'expérimentation 2 et l'effet de perspective de la route est ainsi moins accentué ; 2/ le mouvement physique par le pédalage pourvoie l'observateur d'une perception en mouvement où l'action participe pleinement à la perception ; c'est-à-dire que l'attention de l'utilisateur n'est plus concentrée seulement sur sa perception visuelle et sonore mais aussi sur son action de pédaler, d'avancer, tourner, etc. comme c'est le cas dans la réalité. En revanche, dans le parcours 2, l'utilisation du vélo a plus contraint le champ visuel de l'utilisateur que dans l'expérimentation 2 avec la Wiimote : pour regarder les 7 éoliennes, l'utilisateur doit s'arrêter et tourner le guidon, il ne peut pas avancer et en même temps regarder le champ d'éoliennes comme c'est le cas avec la Wiimote. Les caractéristiques visuelles des parcours sont résumées dans le Tableau 23.



Figure 96 : Entre 2 éoliennes : le participant est moins attiré par la perspective du chemin que par la rotation des pales de l'éolienne devant lui (expérimentation 3)

		Parcours 1	Parcours 2
Paysage	Éléments perçus / Description	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Les éoliennes</u> : elle suscite ici deux lectures différentes en fonction du point de vue. Au pied de l'éolienne, l'échelle est la caractéristique la plus impressionnante (80% des sujets : « <i>c'est encore plus gros que ce que je pensais ! c'est impressionnant en fait... je suis tout petit ! énorme !</i> ») alors qu'entre 2 éoliennes, c'est la rotation des pales qui caractérise la perception visuelle (50% : « <i>je suis plus attiré par le haut de l'éolienne parce que c'est la partie mobile, ça attire plus le regard.</i> »).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Les éoliennes</u> en arrière-plan : les participants ne voient pas la totalité des éoliennes à cause des limites de l'écran (Figure 97). Seuls les 3 ou les 2 premières sont visibles lorsque le sujet avance sur la route (« <i>je ne suis pas accroché aux éoliennes même s'il y en a 1, 2, 3, 4... Oh là ! Il y en a un paquet ! Je n'ai pas fait attention au nombre d'éoliennes !</i> »). Pour regarder les 7 éoliennes, le participant doit arrêter le vélo et tourner le guidon (son champ de vision), sa vision n'est donc plus en mouvement. 67% des participants ont été essentiellement attirés par la rotation des pales (« <i>les éoliennes attirent beaucoup mes yeux... parce qu'elles tournent...</i> ») et 33% ont affirmé que c'est l'échelle qui les attirait visuellement (« <i>elles sont vraiment grandes, elles attirent l'attention...</i> »). Nous pouvons déduire qu'à une certaine distance (aire intermédiaire), la caractéristique principale de l'éolienne est son mouvement. Ce n'est donc pas lié à un effet de groupe – comme nous l'avons déduit dans les autres enquêtes puisqu'ici, le sujet ne voit que 2 à 3 éoliennes dans son champ de vision.</li> <li>▪ <u>L'environnement en général</u> sur différents plans : les champs, les vaches et les maisons d'une part, et la perspective de la route d'autre part créent une perception visuelle en profondeur, c'est-à-dire que les yeux suivent la route, se déplacent entre le 1<sup>er</sup> et le dernier plan et se projettent continuellement vers le fond de la route.</li> </ul>

Tableau 23 : Analyse de la perception visuelle dans les commentaires (expérimentation 3)



Figure 97 : Les dimensions de l'écran empêchent de voir toutes les éoliennes dans le parcours 2 (expérimentation 3)

La lecture du paysage dans le parcours 1 est alternée : verticale au pied de l'éolienne et en profondeur (les pales de l'éolienne en face) entre 2 éoliennes ; comme c'était le cas *in situ*. Cependant, dans le parcours 2, la lecture du paysage s'est effectuée en profondeur et non horizontalement comme c'était le cas *in situ* car les participants parlaient plus de l'arrière-plan (éoliennes, maisons) que du premier plan.

Nous regroupons dans le Tableau 24 les qualificatifs dégagés des commentaires dans les 2 parcours et qui concernent comme dans les enquêtes précédentes : la taille de l'éolienne, l'esthétique de l'objet et le mouvement des pales. Ces qualificatifs sont dans l'ensemble positifs. Comme dans les autres enquêtes, ceux liés à la taille de l'éolienne sont plus cités dans le parcours 1. Nous avons rapporté dans l'expérimentation 2 que l'échelle de l'éolienne a été moins impressionnante qu'*in situ* à cause de la distance « œil-rotor » qui diffère entre les deux mondes : dans cette expérimentation, 50% des participants ont été très impressionnés par l'éolienne et 40% l'ont été moyennement. Nous pensons donc qu'effectivement, dans le monde virtuel, la taille de l'éolienne est plus modérément évaluée mais cela peut aussi être en rapport avec le vécu du participant (s'il a vu des éoliennes avant, s'il a le vertige, s'il est habitué au virtuel, etc.).

<b>Parcours 1 &amp; 2</b>			
<i>Eolienne(s)</i>			
	<b>Taille / Echelle</b>	<b>Esthétique</b>	<b>Mouvement des pales</b>
<i>Adjectifs / description</i>	1/ grand, impressionnant, gigantesque 2/ énorme 3/ imposant, démesuré, élancé, long, étroit, géant	Joli, décoratif, gracieux, belle, fin, élancé, fragile, élégant, léger, tranquille, esthétique	Aérien, relaxant, dynamique, silencieux, paisible, animation, aérodynamique, beau, attirant, bruyant, calme

Tableau 24 : Qualification des éoliennes dans les parcours (expérimentation 3)

Comme *in situ* et dans l'expérimentation 2, les réponses ont révélé deux types de références d'objets : une référence à un objet technique et/ou une référence à un objet de l'espace rural (Tableau 25), mais les références techniques sont plus importantes. Il y a eu plus de discours sur les

sous-objets de l'éolienne dans le parcours 1 que dans le parcours 2 comme c'était le cas dans l'expérimentation 2 et pour les mêmes raisons évoquées (manque de relief, monoscopie).

	<i>Eolienne</i>	<i>Mât</i>	<i>Nacelle/Rotor</i>	<i>Pales</i>
<i>Objets de l'espace rural</i>	Moulin, moulin à vent, grande fleur de tournesol	-	Forme d'œuf, moteur d'avion	-
<i>Objets techniques</i>	Vaisseau star wars, phare, grande structure, ventilateur	Mât, tige, pylône	Tête ronde effilée, génératrice de vent, moyeu	Hélice, hélice d'avion

Tableau 25 : Les objets référant à l'éolienne et à ses différentes parties dans le discours des sujets (expérimentation 3)

## **b/ Perception sonore**

La perception sonore dans le parcours 1 s'est principalement rapportée aux éoliennes. Peu d'utilisateurs ont évoqué le son des oiseaux parce que c'est un son qui est « commun » à la campagne contrairement au bruit des éoliennes qui est incongru ici et que certains découvraient. Le bruit des éoliennes en lui-même n'a pas gêné la majorité des utilisateurs mais comme pour les autres enquêtes, c'est la répétition du son qui a été désagréable (80% des sujets : « ... *Ce n'est pas un bruit naturel, on sent une mécanique... Il y a un ronron régulier un peu comme dans un bateau ou en fond de cale, on entend les moteurs... mais je ne trouve pas ça désagréable, ça ne s'impose pas dans l'ensemble des sons qu'on entend...* ») et parfois très désagréable (20% des sujets : « *le bruit, au début, ce n'est pas mal mais lorsque les gens habitent ici, ce n'est pas agréable... c'est comme la musique, tu l'écoutes une, deux heures et après, tu as envie d'arrêter ! Après un certain temps, tu as envie d'un silence pur !* »).

Dans le parcours 2, les commentaires sur la perception sonore ont été moins notables (3% des commentaires contre 10% dans le parcours 1) car – comme c'était le cas dans le parcours réel – l'ambiance sonore « allait de soi » dans ce paysage de campagne pour les utilisateurs. D'ailleurs, certains s'étonnaient de ne pas entendre les éoliennes (dans le monde réel comme virtuel). En revanche, même si le bruit des voitures n'est pas l'objectif de notre étude, il a été problématique sur deux niveaux : 1/ entendre des voitures sans voir (comprendre) la route derrière soi dans le monde virtuel - alors qu'elle est vue et comprise dans le parcours réel – est parfois source d'interrogation et d'incompréhension ; 2/ la perception de ce bruit dans le parcours réel a duré jusqu'au 2/3 du parcours approximativement alors que dans le parcours virtuel, la « sphère d'influence » du son « voiture » se limite au 1/3 du parcours. Ces deux données ont diminué la perception effective du bruit des voitures dans le monde virtuel mais cela n'a pas été contraignant pour notre enquête car ce bruit n'a pas modifié la lecture sonore du paysage rural dans les 2 mondes.

Le Tableau 26 montre les références sonores auxquelles le bruit des éoliennes a été comparé. Les références à des objets mécaniques et manufacturés ont été les plus importantes comme cela été le cas *in situ*.

<b>Parcours 1</b>			
	<b>% sujets</b>	<b>Source sonore</b>	<b>Jugements</b>
<b>Sons mécaniques</b>	7/10	Sèche-mains, machine à laver, moteur, ventilateur, turbine d'un bateau, barrage hydraulique	<i>Appréciations</i> : (+) rassurant, calme, pas désagréable ; (-) répétitif pour être agréable, pas agréable, gênant, bruyant
<b>Espace rural ou sons "naturels"</b>	3/10	Les vagues, la mer, bateau sur les vagues	<i>Caractéristiques</i> : trop régulier, rythmé, répétitif, ronron régulier, mécanique, périodique, discontinu, saccadé,

Tableau 26 : Références et jugements sonores sur le bruit des éoliennes dans les commentaires (expérimentation 3)

## **d/ Conclusion**

Pour résumer, nous pensons que la perception visuelle dans le parcours 1 a été améliorée par rapport à l'expérimentation 2 grâce à la restitution de signaux physiques du déplacement et de l'écran avec lentilles de Fresnel. Elle s'est rapprochée de la perception visuelle *in situ* puisque la végétation 2D a été moins attirante entre 2 éoliennes et la liberté d'action sur le déplacement a ôté à l'utilisateur l'envie d'accélérer. En revanche, dans le parcours 2, nous avons eu les mêmes contraintes du champ visuel horizontal – sinon plus – que l'expérimentation 2 puisque l'utilisateur ne pouvait pas voir l'ensemble des éoliennes et avancer en même temps dans le parcours, cela a altéré la lecture horizontale des éoliennes en tant que groupe mais en tant qu'unité, l'éolienne attire toujours par sa rotation des pales. En ce qui concerne la perception sonore, les résultats sont toujours aussi satisfaisants que les enquêtes précédentes sauf que là – peut-être grâce à un échantillon plus important de personnes si nous regroupons les expérimentations 2 et 3 –, nous nous sommes rendus compte de l'inutilité de la restitution sonore des voitures dans les 2 parcours puisqu'elle perturbe la concentration de l'utilisateur.

La perception tactile ou plutôt l'absence de cette perception et l'absence de l'air et du vent face à des éoliennes qui brassent l'air et qui produisent un bruit aérodynamique a été notée par 30% des utilisateurs (« ... *Je me demande quelle sensation de vent on a quand on est au pied-là ? Et puis quand ça tourne comme ça est-ce que le vent est fort ou pas ?* », « *c'est curieux parce qu'on entend les oiseaux et les éoliennes... On n'entend pas le vent...* »). Cette absence influe sur le sentiment de présence et d'immersion de l'utilisateur dans le monde virtuel mais ne déteint pas sur les impacts visuels et sonores des éoliennes. Elle joue un rôle indirect dans la qualification de l'expérience paysagère.

### **7.3.1.2 Contextualisation de la perception**

#### **a/ Influence des formes spatiales et des facteurs physiques**

L'influence de ces paramètres est similaire à celle exprimée dans l'expérimentation 2 :

- En ce qui concerne les facteurs physiques, nous pensons que le ciel dégagé dans le parcours 2 et le ciel gris dans le parcours 1 ont influencé la perception des éoliennes par les utilisateurs mais cette influence n'a pas été explicite dans le discours comme cela l'a été dans le monde réel ; tandis que le manque de la sensation du vent a été explicitement exprimé (cf. d/ conclusion, ci-dessus).

- En ce qui concerne les formes spatiales, leur influence dans le parcours 1 (alternance chemin/ouverture spatiale sur l'éolienne) dans cette expérience virtuelle se rapproche de celle réelle. Dans le parcours 2, l'ouverture de l'espace fortement ressentie dans le monde réel a été un peu biaisée par l'attirance visuelle de la perspective de la route dans le monde virtuel à cause des limites du champ visuel horizontal.

## b/ Perception en mouvement

Comme pour l'expérimentation 2, les enregistrements vidéo nous ont beaucoup aidés ici pour comprendre le comportement de l'utilisateur, les moments d'arrêts, les centres d'intérêt dans la scène, etc. Selon la lecture que nous avons établie par déduction des discours et des enregistrements vidéo, cinq séquences se dégagent des discours du parcours 1 (Figure 91) et deux séquences du parcours 2 (Figure 92). Elles rendent compte des résultats de la perception visuelle et sonore décrits ci-dessus en les situant dans l'espace et dans le temps.

En ce qui concerne le parcours 1, la perception en mouvement a été améliorée par rapport à l'expérimentation 2 et se rapproche plus du réel (les éoliennes structurent le parcours) mais certains biais demeurent. Les cinq séquences correspondent aux changements visuels de forme de l'espace quand l'utilisateur évolue dedans comme c'était le cas dans l'expérimentation 2 mais sa vision est cette fois-ci plus attirée par les éoliennes tout au long du parcours que par la végétation ou la perspective de la route, le discours fait donc apparaître une polarisation de l'attention sur les éoliennes, une à une comme c'était le cas *in situ*. Dans la séquence 1, 90% des participants se sont rendus au pied de la première éolienne et ont levé les yeux vers les pales pour découvrir l'objet (visuellement et acoustiquement). Dans la séquence 2, 40% des utilisateurs ont remarqué directement ou indirectement la végétation plate (« *je regarde le bout de l'éolienne qui disparaît derrière l'arbre à gauche... c'est aussi parce que la végétation est un peu monotone, c'est plus agréable de regarder ce qui en émerge...* », « *le chemin est agréable parce que tu sens que tu es guidée par la direction, je ne sais si c'est vraiment comme ça dans la réalité ou si l'architecte a pensé à ça ? Mais ça donne envie de savoir ce qu'il y a au bout de la rue...* »). Cette remarque n'a pourtant pas détourné leur attention de l'éolienne située en face d'eux ; les participants s'arrêtent quelques fois pour en parler ou pour faire une pause du vélo. Dans la séquence 3, 90% des utilisateurs se sont arrêtés au niveau de la deuxième éolienne, ils ne sont pas forcément allés jusqu'à son pied mais ils l'ont observée un instant (70% ont levé la tête vers le rotor). Dans la séquence 4 (entre la deuxième et la troisième éolienne), tous les participants avaient pour objectif d'atteindre la troisième éolienne et la fin du parcours. Ils étaient attirés par l'éolienne et par la perspective de la route mais ils n'ont pas exprimé l'envie d'accélérer le pas. Dans la séquence 5, au niveau de la troisième éolienne, seulement 20% des participants ont regardé le haut de l'éolienne parce qu'ils ont déjà vu la première et la deuxième éolienne mais surtout parce que l'ouverture de l'espace met en scène le bouquet des 4 éoliennes en face qui est très attractif visuellement. La perception sonore a été identique à l'expérimentation 2 où elle a été plus présente dans le discours en début de parcours plutôt que vers la fin.

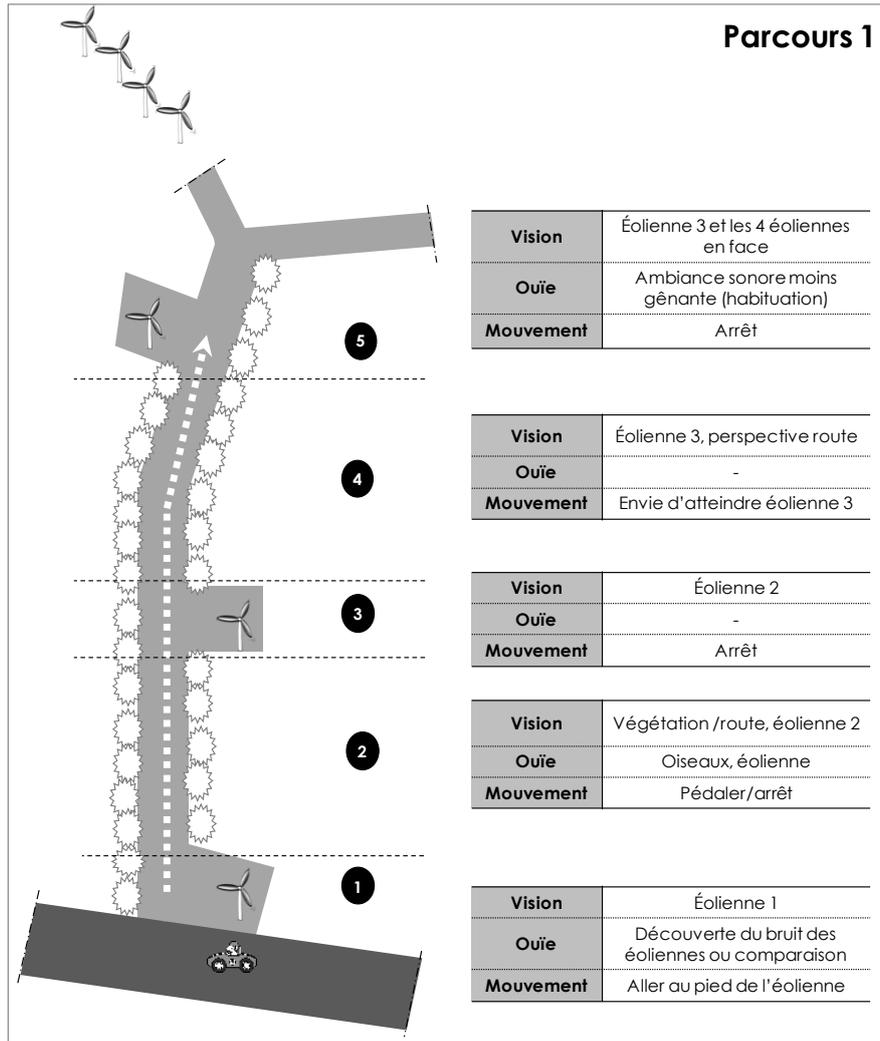


Figure 98 : Perception des séquences du parcours 1 d'après les commentaires des sujets (expérimentation 3)

En ce qui concerne le parcours 2, deux séquences se dégagent des commentaires et de nos observations des enregistrements vidéo, la route est l'élément structurant de ces séquences. La première séquence se situe entre le début du parcours et le deux tiers ou le trois quarts du parcours ; dans cette séquence, l'utilisateur reste plutôt centré sur la route puisqu'il se rend compte que quand il veut regarder à droite ou à gauche tout en pédalant, il risque de tomber dans le talus qui borde la route. La majorité des utilisateurs s'arrêtent de pédaler pour regarder autour d'eux surtout lorsque nous leur posons des questions sur l'environnement et sur les éoliennes mais leur regard revient se positionner naturellement sur la perspective de la route (et re-pédaler afin d'atteindre leur but) : la fin de la route et les maisons. Cette « projection » visuelle vers la fin du parcours est causée par la perspective de la route rectiligne qui attire mais aussi par l'ouverture de l'espace qui informe sur toutes ses composantes et par la constance du paysage visuel qui donne envie de changer de point de vue. Elle a aussi donné envie à 44% des participants d'accélérer le pas (nous rappelons que la vitesse du vélo atteint un maximum de 7 km/h pour se rapprocher de la vitesse de la marche mais aussi parce que les capteurs de la souris ne supportent pas une vitesse supérieure). *In situ*, les enquêtés n'ont pas exprimé cette envie face au même paysage ce qui veut dire que l'envie d'accélérer dans le monde virtuel est causée par la limitation du champ visuel (champ visuel axé sur la perspective de la

route). Dans la deuxième séquence, les premières maisons sont reconnaissables et la première éolienne devient plus accessible visuellement. L'utilisateur s'arrête et son discours se recentre sur une éolienne.

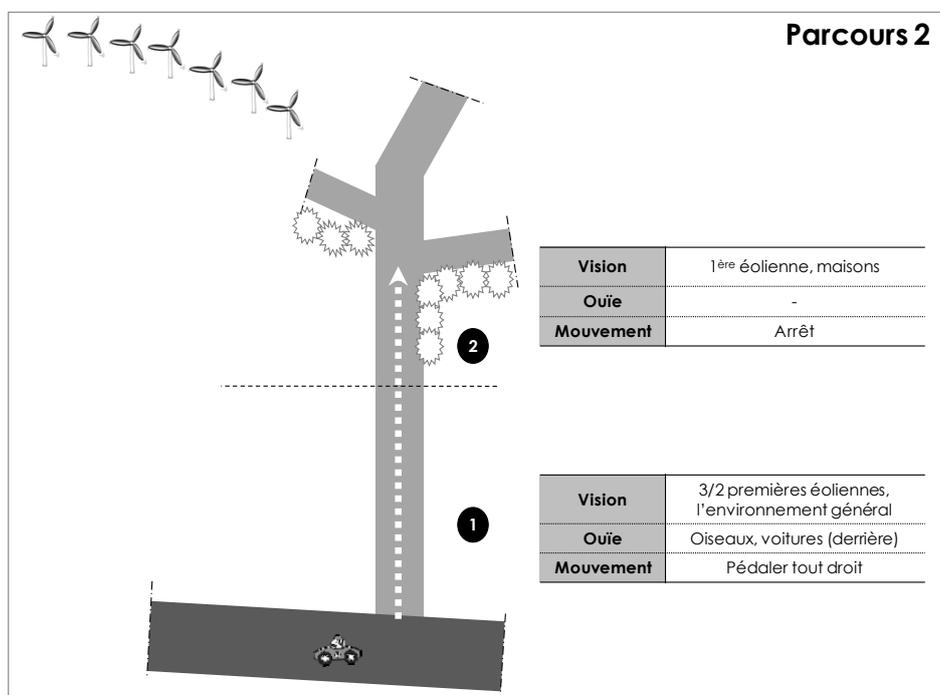


Figure 99 : Perception des séquences du parcours 2 d'après les commentaires des sujets (expérimentation 3)

## 7.3.2 Résultats de l'étude subjective orientée (les questionnaires)

### 7.3.2.1 Caractérisation de la perception

#### a/ Perception visuelle

Dans le parcours 1, tous les participants ont été interpellés visuellement par les éoliennes et 40% d'entre eux ont aussi évoqué d'autres éléments visuels tels que le « *chemin large* », « *la végétation* » ou « *l'ouverture de l'espace* ». 70% des participants trouvent que l'impact des éoliennes se rapporte tout d'abord à son échelle. Comparés aux résultats de l'enquête *in situ*, ces résultats sont plutôt satisfaisants puisque les éoliennes réelles et virtuelles ont monopolisé l'attention surtout par leur échelle.

Dans le parcours 2, 66% des participants ont été interpellé par les éoliennes, 55% par l'environnement immédiat (vaches, maisons, champs, talus) et 30% par la route et sa perspective. L'influence de la perspective de la route a augmenté entre les expérimentations 2 et 3 pour les mêmes raisons citées ci-dessus (perception en mouvement) alors que l'attrance visuelle des

éoliennes a diminué puisque leur « intégration » paysagère ou leur unité avec le paysage est moins lisible que dans le parcours réel. 44% des participants trouvent que l'impact des éoliennes sur le paysage est plutôt une question d'échelle alors que seulement 55% pensent que c'est la rotation des pales qui représente l'impact fort des éoliennes dans ce paysage. Ces résultats confirment que la dynamique de rotation des pales est l'atout paysager d'une éolienne quand celle-ci est placée à une certaine distance de l'observateur (dans l'aire immédiate c'est la taille de l'éolienne qui impressionne le plus).

### **b/ Perception sonore**

Dans le parcours 1, la perception sonore a concerné les éoliennes et plus particulièrement la « périodicité » et la répétition du bruit (tous les participants). Cette régularité a été partagée : 50% des participants la trouvent forte et désagréable et 50% la trouvent « faible » et « pas très remarquable ». Cela confirme que le bruit des éoliennes est une question fortement subjective et qu'elle dépend du vécu de chacun ; toutefois, si nous comparons ces résultats sur la perception sonore mémorisée (50% de participants gênés) à ceux sur la perception instantanée (80% de participants gênés), nous remarquons que la mémorisation a fait perdre de l'intensité à cette gêne parce que le participant n'est plus immergé. Les oiseaux ont aussi été mémorisés comme ambiance sonore du parcours 1 par 60% des participants, un seul participant a cité le bruit du vélo et un autre a cité le bruit des voitures.

Dans le parcours 2, tous les participants ont perçu en premier lieu le son des oiseaux et en deuxième lieu le bruit des voitures (33%). Les résultats sont donc similaires à ceux de l'expérimentation 2.

### **7.3.2.2 Contextualisation de la perception**

Les dessins récoltés des questionnaires du parcours 1 révèlent 3 séquences (90% des participants) comme c'était le cas *in situ*. Les 3 éoliennes du parcours marquent l'image mentale du parcours et la structurent donc plus que la route (Figure 100, dessin a) ; ce qui veut dire aussi que l'effet « couloir » de la végétation du chemin qui a marqué la mémoire des utilisateurs dans l'expérimentation 2 a été évité. Cette mémorisation met en avant le caractère visuel du parcours au détriment du sonore comme c'est le cas dans les autres enquêtes d'où la richesse de la perception instantanée par rapport à celle mémorisée. Le dessin (a) (Figure 100) met aussi en avant l'échelle de l'éolienne par rapport à son observateur comme c'était le cas dans l'expérimentation 2 et l'enquête *in situ*.

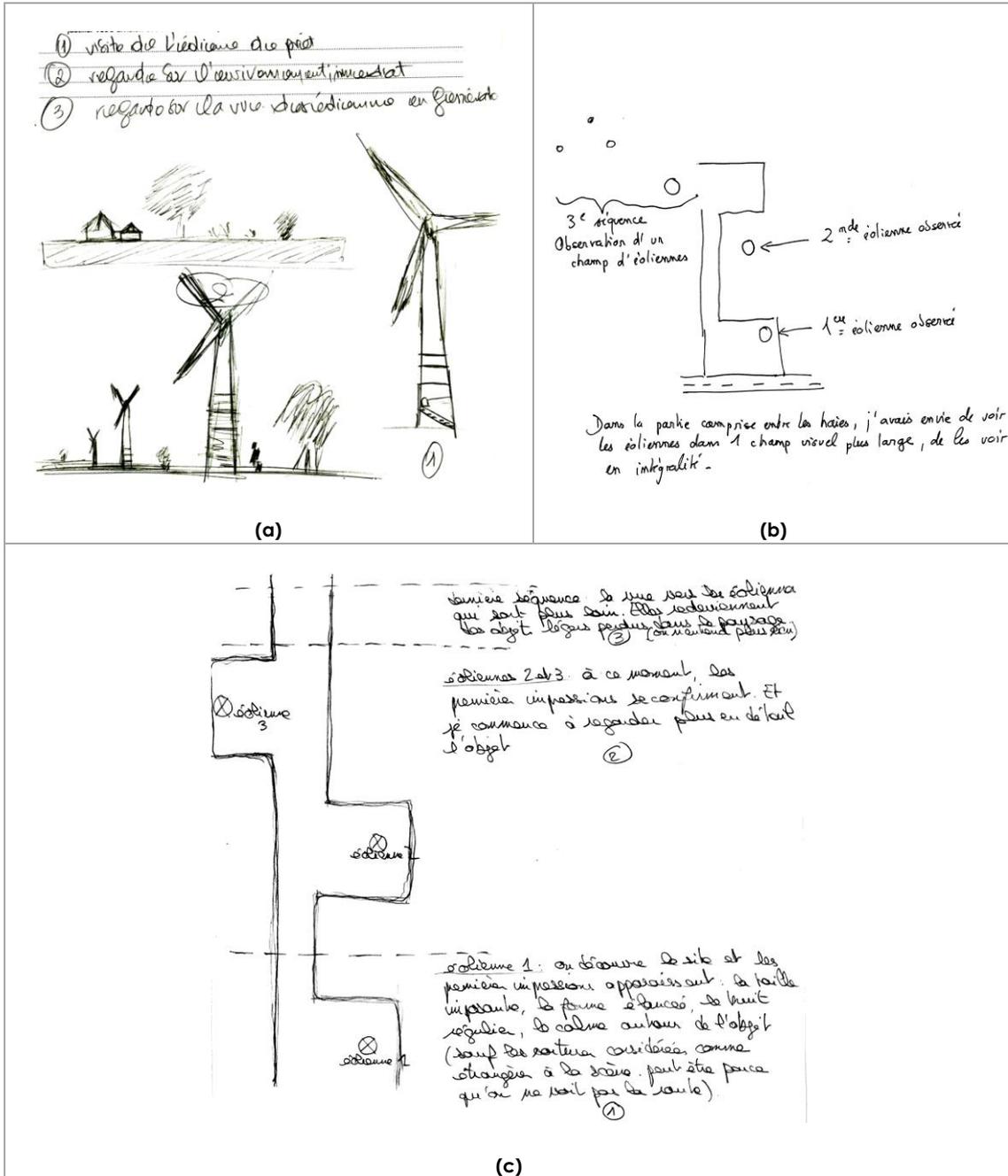


Figure 100 : Exemples de dessins élaborés par les enquêtés du parcours 1 (expérimentation 3)

Dans le parcours 2, la majorité des enquêtés ont dessiné le parcours en 2 ou 3 séquences (Figure 101, dessin b et c) qui mettent en valeur l'effet « zoom » sur le paysage : la première séquence marquent le point de départ du parcours avec une vue générale sur l'environnement (2 à 3 éoliennes sont perçues) et la deuxième séquence marque la fin du parcours avec la vision proche de l'éolienne. Cet effet de zoom est retrouvé dans toutes les enquêtes, il met en scène les éoliennes et le chemin comme éléments structurants. En revanche, comme dans l'expérimentation 2, le nombre d'éoliennes dessinées montrent l'effet des limites du champ visuel horizontal sur l'image mentale de l'espace. C'est le seul élément divergent entre la perception du parcours réel et celle du parcours virtuel.

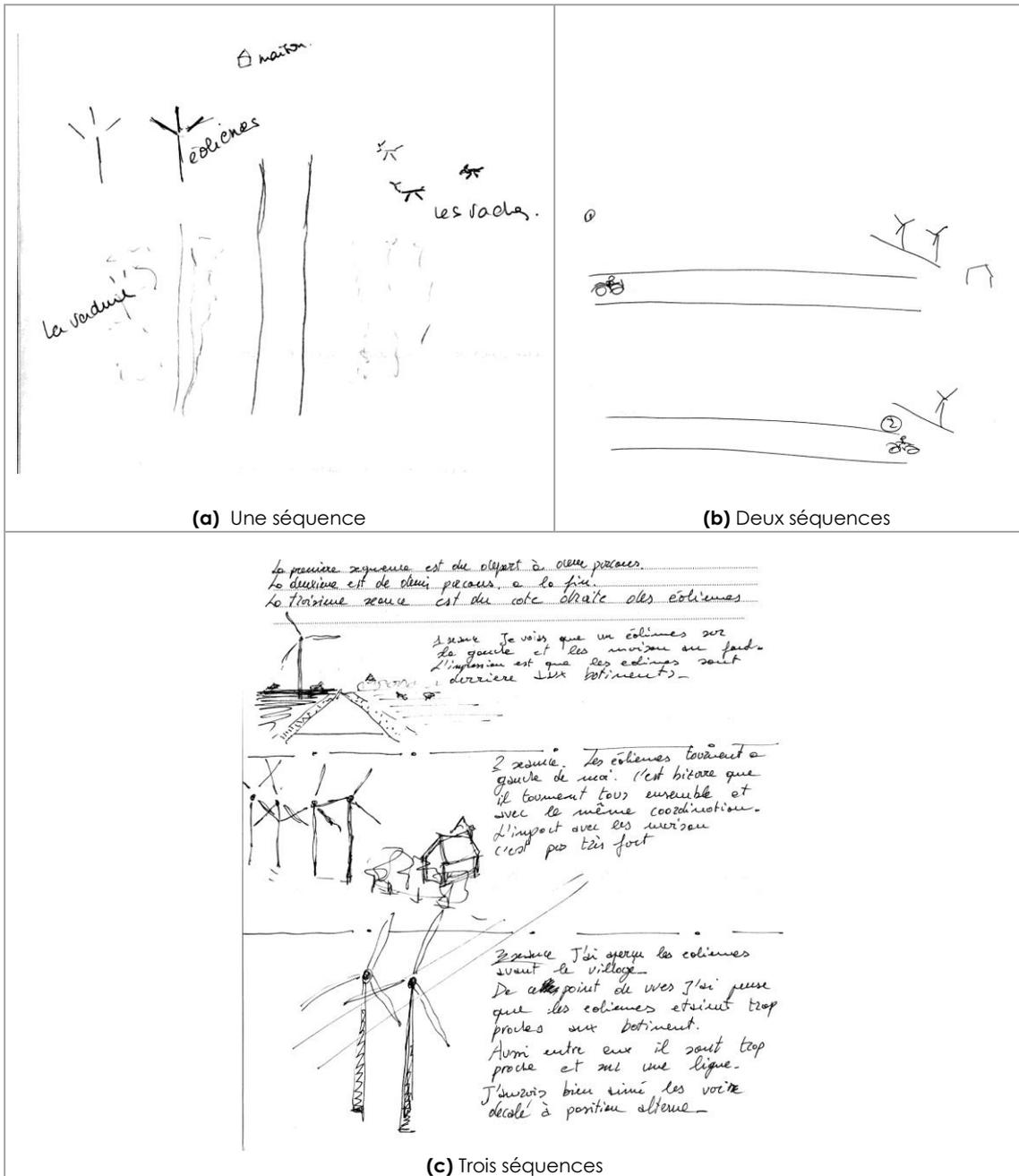


Figure 101 : Exemples de dessins du parcours 2 par deux enquêtés (expérimentation 3)

Les dessins obtenus dans cette expérimentation ont été généralement bien structurés et reflètent la compréhension de l'espace par le dessinateur. Nous pensons – comme nous l'avons suggéré dans les résultats de l'enquête *in situ* (cf. paragraphe 6.2.3.2) et celle de l'expérimentation 2 (cf. paragraphe 7.2.2.2) – que cela est dû à l'âge et au niveau d'étude des participants (dans cette expérimentation, la majorité des participants ont entre 20 et 35 ans).

### 7.3.3 Dispositif virtuel

Comme pour les expérimentations 1 et 2, nous allons aborder les avantages et les inconvénients de notre dispositif virtuel suivant trois points :

- *Modélisation 3D* : La végétation 2D du parcours 1 a été ici moins critiquée que dans l'expérimentation 2 et a peu modifié la lecture spatiale (l'effet de perspective du chemin est toujours accentué certes mais l'attention visuelle est restée sur l'éolienne). Cela est dû à l'écran à lentilles de Fresnel qui a donné une luminosité uniforme à l'espace (Figure 102) et à la restitution de signaux non-visuels du mouvement physique à l'utilisateur puisqu'ainsi il est « acteur » de son mouvement. Dans le parcours 2, 33% des participants ont signalé le manque de relief dans la scène surtout au niveau des éoliennes qu'ils n'arrivaient pas à situer (juste derrière les maisons ou beaucoup plus loin ?).
- *Protocole d'immersion* : le protocole d'immersion a été réussi en ce qui concerne l'immersion sonore comme c'était le cas pour l'expérimentation 1 et 2 sauf que nous nous sommes rendus compte que la restitution sonore des voitures n'a pas été importante puisqu'elle n'influe pas sur l'impact sonore des éoliennes, et en plus, elle perturbe certains participants qui ne comprennent pas l'origine du bruit (les voitures sont derrière eux). En revanche, 26% des participants ont évoqué dans les questionnaires l'absence du souffle du vent dans l'ambiance sonore (nous rappelons que nous avons supprimé ce bruit après quelques enquêtes dans l'expérimentation 2 parce que les participants confondaient ce bruit avec celui des éoliennes). En ce qui concerne l'immersion visuelle, nous avons senti une meilleure implication des utilisateurs dans le monde virtuel grâce au vélo comme c'était le cas *in situ* avec la marche. Ceci est justifié par les résultats de la perception visuelle du parcours 1 (similaire à l'enquête *in situ*). Dans le cas du parcours 2, l'effet de zoom sur le paysage et les séquences ont été similaires à l'étude *in situ* mais les limites du champ visuel horizontal ont empêché la lecture horizontale du paysage et des éoliennes ; elle a été remplacée par une lecture en profondeur : le sujet a eu envie d'accélérer et d'arriver au hameau au plus vite.
- *Protocole d'interaction* : comparé à l'expérimentation 2, l'interaction avec le vélo a amélioré le déplacement dans le monde virtuel. La prise en main a été facile et le protocole d'interaction a été vite acquis. En revanche, le protocole de vision n'a pas fait l'unanimité : 1/ dans le parcours 1, regarder à droite et à gauche grâce au guidon a été facilement appréhendé et adopté car ce geste suit le champ de vision du cycliste, c'est-à-dire qu'il regarde et avance dans le même sens, contrairement au parcours 2 où parfois le cycliste a envie d'avancer sur la route mais de regarder à gauche (vers les éoliennes), il est donc obligé de s'arrêter pour tourner la tête ce qui n'est pas « naturel », ce geste contraint la vision de l'utilisateur et diminue son immersion. 2/ pour regarder le rotor de l'éolienne dans le parcours 1, l'utilisateur doit manipuler la molette d'une souris placée sur le guidon, ce geste ne correspond pas à la réalité, il a contraint 40% des participants et a diminué leur immersion.



Figure 102 : Luminosité uniforme versus « hot spot » entre un écran avec lentilles de Fresnel et un écran classique

### 7.3.4 Discussion

La méthode des parcours commentés dans le monde virtuel a nécessité les mêmes réajustements que dans l'expérimentation 2 (cf. paragraphe 7.2.4). Quant aux résultats de l'expérimentation 3, ils nous semblent plus satisfaisants en ce qui concerne les caractéristiques de l'éolienne qu'en ce qui concerne celles du paysage (cf. Section 7.4, Tableau 27) :

- *Eoliennes* : Elles ont été au centre des discours. Les résultats de cette expérimentation confirment les résultats de l'expérimentation 2 sur les éoliennes (cf. paragraphe 7.2.4). Toutefois, ici les sujets ont pu accéder au pied de l'éolienne comme dans le monde réel, ils ont eu donc une meilleure impression d'échelle et ils ont plus regardé le rotor au niveau des éoliennes 2 et 3 que dans l'expérimentation 2.
- *Paysage et éolienne* : la relation entre l'éolienne et son environnement dans le parcours 1 a donné lieu à une lecture « manufacturée » du paysage qui est mieux restituée dans cette expérimentation par rapport aux 2 précédentes enquêtes. La lecture « rurale » du parcours 2 a été similaire entre les 3 enquêtes *in vitro*.
- *Paysage* : la lecture en profondeur du paysage dans le parcours 2 (expérimentation 2) est conservée ici. La lecture alternée verticale/en profondeur du parcours 1 réel est mieux restituée ici que dans l'expérimentation 2 car dans le monde réel et dans cette enquête, cette alternance est constamment marquée par un discours sur l'éolienne alors que dans l'expérimentation 2, la lecture en profondeur est marquée par un discours sur le chemin et la végétation.

## 7.4 Conclusion : discussion des protocoles d'immersion et d'interaction des 3 expérimentations *in vitro*

Les trois expérimentations que nous avons proposées montrent chacune des caractéristiques paysagères importantes à restituer : l'expérimentation 1 a montré les potentialités de l'immersion multisensorielle (interaction visuelle et sonore) dans la compréhension du paysage, l'expérimentation 2 a montré l'importance de la liberté du déplacement visuel dans la compréhension spatiale et

l'expérimentation 3 a montré les avantages de la restitution des signaux non-visuels du déplacement dans l'expérience paysagère. Nous avons vu dans la discussion de chaque expérimentation (cf. paragraphes 7.1.4 ; 7.2.4 ; 7.3.4) que ces caractéristiques (multisensorialité, déplacement par stimulation visuelle et physique) influencent la perception et qu'elles dépendent de l'implémentation du système de réalité virtuelle et des protocoles d'immersion et d'interaction mis en place. Dans ce qui suit, nous résumons et discutons ces résultats (la restitution de la perception) selon ces protocoles.

### **Protocole d'immersion :**

#### Immersion visuelle :

- *Echelle 1/1* : la restitution de l'échelle réelle dans le monde virtuel a permis d'avoir de bons résultats en ce qui concerne la restitution de certaines caractéristiques importantes pour l'expérience paysagère telles que la sensation d'ouverture et de fermeture de l'espace et l'appréciation de l'échelle de l'éolienne. Toutefois, nous avons remarqué que cette restitution de l'échelle réelle n'a pas été suffisante, les paramètres d'interaction l'influencent. L'appréciation de l'échelle de l'éolienne nécessite un temps d'arrêt devant l'objet et l'appréciation de l'ouverture/fermeture de l'espace peut être influencée par le point de vue de l'observateur (s'il est fixe tout au long du parcours, la sensation d'ouverture ou fermeture est biaisée).
- *Modélisation du monde virtuel* : les modèles des parcours 1 et 2 nous semblent être bien satisfaisants puisqu'ils ont permis aux participants de se sentir mentalement présents dans le paysage virtuel. Certains ont essayé pendant un instant de comparer les modèles à la réalité sans réelle référence puisqu'ils ne connaissent pas le parc réel ; ceci a conforté notre choix de participants qui n'ont pas fait l'enquête *in situ*. Nous reconnaissons cependant les limites de la modélisation liées à la végétation 2D dans le parcours 1 qui ont biaisé la perception visuelle en donnant des perceptions différentes selon l'expérimentation (selon l'écran avec/sans lentilles de Fresnel et selon le mode d'interaction). La végétation 3D est donc de rigueur lorsque l'utilisateur est proche de celle-ci.
- *Ecran sans/avec lentilles de Fresnel* : l'expérimentation 2 a montré quelques biais de la perception visuelle liés à l'écran sans lentilles de Fresnel. Ce dernier créé un halo au centre de l'écran tout en assombrissant la périphérie ; ceci a accentué l'effet de perspective du chemin dans le parcours 1 et a assombri la végétation qui borde le chemin. L'allée se transforme en un espace oppressant pour l'utilisateur qui a eu ainsi envie d'accélérer le pas afin de dépasser le chemin.
- *Ecran plat* : l'utilisation de l'écran plat comme dispositif visuel n'est pas optimale comme nous l'avons énoncé dans notre protocole expérimental car il ne couvre pas totalement les champs visuels horizontaux et verticaux de l'observateur. Dans un paysage rural généralement étendu, l'écran ne peut pas restituer complètement l'expérience paysagère. Un écran cylindrique semble plus adapté pour l'espace rural et un visiocasque ou un CAVE semble plus adapté pour étudier les impacts des éoliennes dans l'aire immédiate et pour tout objet virtuel vertical.
- *Distance « observateur-écran »* : nous avons utilisé une distance de 1m20 dans la salle immersive de Brest et 1m50 dans la salle immersive de Nantes. Ces distances proches de l'écran n'ont pas gêné l'utilisateur mais elles ont eu une influence en ce qui concerne la perception visuelle de l'éolienne de près. En effet, l'effet imposant de l'échelle de l'éolienne sur les participants a été légèrement plus fort *in situ* qu'*in vitro* à cause de la distance « œil-

rotor » qui est, dans le monde réel, supérieure à 50m alors que cette distance *in vitro* correspond à la distance « utilisateur-écran » (1m50).

#### Immersion sonore :

- *Spatialisation du son* : l'immersion sonore a donné incontestablement de très bons résultats pour la restitution de la perception sonore. Toutefois, nous pensons que la spatialisation des sons aurait pu être améliorée dans les 2 salles et dans les 3 expérimentations car seulement 2 enceintes devant l'utilisateur ont permis de restituer les sons devant lui à droite et à gauche ; dans la salle immersive de Nantes, nous n'avons pas d'enceintes derrière l'utilisateur pour rendre les sons quand ils sont dépassés et dans la salle de Brest, les 2 enceintes de derrière sont trop éloignées de l'utilisateur. Cela aurait peut être aidé le sujet à mieux comprendre la position du bruit des voitures (derrière le parcours) et celui du bruit de l'éolienne qu'il vient de dépasser.
- *Restitution des sons* : nous avons choisi de ne pas restituer tous les sons dans le monde virtuel surtout celui du vent car comme nous l'avons testé dans l'expérimentation 2, les utilisateurs confondent ce bruit avec celui des éoliennes. Ce fut un bon choix car la restitution des ambiances sonores a été réussie, nous pensons donc que tous les sons n'ont pas besoin d'être restitués pour restituer la même expérience sonore. C'est ainsi que nous nous sommes rendus compte que la restitution du bruit de la route fréquentée par les voitures derrière notre parcours a été vaine.

#### **Protocole d'interaction :**

- *Absence d'interaction* : Dans l'expérimentation 1, l'absence d'interaction avec le modèle virtuel a réduit la liberté et l'immersion de l'utilisateur et a modifié par conséquent sa perception visuelle. La passivité et l'absence de mouvement moteur ont donné envie à l'utilisateur d'accélérer le rythme et le déplacement (parcours 2 où le même paysage se conserve du début jusqu'à la fin) ou de le ralentir (au pied de l'éolienne pour la contempler). La comparaison entre les différentes cartes mentales des enquêtes *in vitro* montre que dans l'expérimentation 1, l'espace n'est pas compris par l'utilisateur car il lui manque des informations spatiales qu'il a perdues à cause de son champ visuel fixe. Ceci veut dire que l'interaction et l'exploration favorisent la reconstruction mentale de l'espace.
- *Dispositif de mouvement du regard* : 2 dispositifs de mouvement du regard ont été implémentés dans le système virtuel : un horizontal et un vertical. La comparaison entre les dispositifs horizontaux de la Wiimote et du vélo montre des résultats différents : dans le parcours 1, le vélo a donné de meilleurs résultats que la Wiimote car le déplacement du regard suit l'orientation et le déplacement du vélo, cela se faisait d'une manière « naturelle » contrairement à la Wiimote ; et dans le parcours 2, la Wiimote a donné de meilleurs résultats que le vélo car elle permet une perception en mouvement (regarder à droite et à gauche tout en avançant comme dans la réalité) alors qu'avec le vélo, le sujet doit s'arrêter pour regarder à droite et à gauche. La comparaison entre les dispositifs verticaux nécessaires essentiellement dans le parcours 1 montre que la Wiimote et le vélo se valent mais qu'ils ne sont pas pour autant adaptés. Ces résultats divergents selon le parcours et selon l'orientation du regard montrent que l'espace virtuel influence fortement le choix de l'interface comportementale associé et que notre proposition « théorique » (CAVE, capteurs de tête) aurait répondu probablement favorablement aux 2 parcours.
- *Dispositif de déplacement* : avec l'interaction via un vélo, le sujet a été plus immergé dans le monde virtuel que dans les expérimentations 1 et 2. Grâce à l'implication et à l'action

(meilleure que dans l'expérimentation 2), la perception visuelle a été restituée (parcours 1) et le mouvement a été plus « naturel » (le sujet a pu se déplacer librement en accélérant, ralentissant et/ou s'arrêtant, sensation de fatigue comme dans la réalité, etc.). Il est vrai que nous avons substitué la marche (*in situ*) par le pédalage (*in vitro*) mais la vitesse lente adoptée pour le vélo a permis de se rapprocher de la marche du point de vue « défilement du paysage » car c'est la principale différence entre les 2 mouvements. Le vélo a aussi résolu la problématique de la distance : parcourir plusieurs centaines de mètres dans le monde virtuel (ce qui est très fréquent dans les espaces ruraux dégagés et dans les randonnées) dans un espace réduit (la salle immersive) tout en pourvoyant l'utilisateur des signaux kinesthésiques du déplacement physique. Ce dispositif est une bonne solution pour les études paysagères où l'espace est généralement étendu.

Chaque expérimentation a montré un gain en informations sensibles par rapport à celle qui la précède ; cela montre l'importance des restitutions correspondantes : multisensorialité, vision dynamique, signaux non-visuels du mouvement. Chaque enquête a vu évoluer ses protocoles d'immersion et d'interaction. Parmi les hypothèses de notre travail, nous avons émis l'idée que les potentialités de la réalité virtuelle pour l'étude sensible du paysage sont conditionnées par sa capacité d'immersion (interfaces sensorielles) et d'interaction (déplacement *in vitro*) et que les deux notions influencent beaucoup la perception. Les résultats comparatifs ci-dessus montrent bien que le protocole d'interaction a influencé à chaque fois le protocole immersif et vice-versa. Ainsi, l'immersion et l'interaction sont deux notions étroitement liées qui s'influencent mutuellement : l'amélioration de l'une améliore l'autre et les limites de l'une influencent l'autre. Elles influencent surtout la restitution de la perception visuelle et sonore ; leur optimisation est nécessaire pour restituer l'expérience paysagère dans le monde virtuel.

Une étude récapitulative et comparative entre les 3 expérimentations et l'enquête *in situ* est proposée dans le Tableau 27. L'expérimentation 3 nous semble la plus proche aux niveaux de ses résultats de l'expérience paysagère réelle mais elle présente aussi des limites qui seront discutées dans le chapitre suivant.

		<i>In situ</i>	<i>Expérimentation 3</i> (interface vélo)	<i>Expérimentation 2</i> (interface Wiimote)	<i>Expérimentation 1</i> (Animation 3D)
<b>Parcours 1</b>	<i>Discours</i>	Eoliennes	Eoliennes	Eoliennes, chemin	Eoliennes, chemin
	<i>Caractère du paysage</i>	« manufacturé »	« manufacturé »	Plutôt « manufacturé »	Campagne
	<i>Impacts de l'éolienne</i>	<i>Visuel</i> : 1/ échelle (fort) 2/ rotation pales <i>Sonore</i> : répétitif	<i>Visuel</i> : 1/ échelle (fort) 2/ rotation pales <i>Sonore</i> : répétitif	<i>Visuel</i> : 1/ échelle (important) 2/ rotation pales <i>Sonore</i> : répétitif	<i>Visuel</i> : échelle (faible) <i>Sonore</i> : répétitif
	<i>Perception sonore</i>	Eolienne, vent	Eolienne, oiseaux	Eolienne, oiseaux	Eolienne, oiseaux
	<i>Perception en mouvement</i>	3 séquences (l'éolienne structure l'espace)	5 séquences (l'éolienne structure l'espace)	5 séquences (éolienne et chemin structurent l'espace)	pas de séquences
	<i>Carte mentale</i>	Eoliennes structurent l'espace	Eoliennes structurent l'espace	Eoliennes et chemin structurent l'espace	Compréhension spatiale fautive
	<i>Facteurs physiques</i>	Influence	-	-	-
	<i>Modélisation</i>		Modèle réaliste sauf végétation 2D (accentuer la perspective)		
	<i>Limites d'immersion</i>		– Limites horizontales et verticales de l'écran – Détails objet	– Limites horizontales et verticales de l'écran – Ecran sans lentilles de Fresnel – Détails objet	– Limites horizontales et verticales de l'écran – Détails objet
<i>Limites d'interaction</i>		<i>Visuel</i> : mouvement naturel horizontalement et non verticalement	<i>Visuel</i> : mouvement non naturel ni horizontalement ni verticalement <i>Déplacement</i> : envie d'accélérer	-	
<b>Parcours 2</b>	<i>Discours</i>	1/ éoliennes 2/ environnement immédiat	1/ éoliennes 2/ environnement immédiat (perspective route)	1/ éoliennes 2/ environnement immédiat (perspective route)	Eoliennes
	<i>Caractère du paysage</i>	Campagne	Campagne	Campagne	Campagne
	<i>Impacts de l'éolienne</i>	<i>Visuel</i> : 1/ rotation pales 2/ échelle	<i>Visuel</i> : 1/ rotation pales 2/ échelle	<i>Visuel</i> : 1/ rotation pales 2/ échelle	<i>Visuel</i> : 1/ rotation pales 2/ échelle
	<i>Perception sonore</i>	Oiseaux (caractère rural)	Oiseaux (caractère rural)	Oiseaux (caractère rural)	Oiseaux (caractère rural)
	<i>Perception en mouvement</i>	2/3 séquences	2/3 séquences	2/3 séquences	Pas de séquences
	<i>Carte mentale</i>	Eoliennes et route structurent l'espace	La route structure l'espace	La route structure plus que les éoliennes l'espace	Eoliennes et route structurent l'espace
	<i>Facteurs physiques</i>	Influence	-	-	-
	<i>Modélisation</i>		Modèle réaliste		
	<i>Limites d'immersion</i>		– Limites horizontales de l'écran – Position objets dans l'espace	– Limites horizontales de l'écran – Ecran sans lentilles de Fresnel – Position objets dans l'espace	– Limites horizontales de l'écran – Position objets dans l'espace
<i>Limites d'interaction</i>		<i>Visuel</i> : mouvement non naturel horizontalement	<i>Visuel</i> : mouvement non naturel horizontalement <i>Déplacement</i> : envie d'accélérer	-	

Tableau 27 : Tableau récapitulatif et comparatif entre les enquêtes abordées



## Chapitre

# 8

# DISCUSSION

Dans le 6, nous avons validé une de nos hypothèses principales : l'expérience paysagère par les parcours commentés est plus riche en informations sensibles que celle dégagée par d'autres méthodes d'enquêtes (non-immersives) grâce aux conditions d'immersion, de multisensorialité et de mouvement. Dans le 7, nous avons rendu compte d'une part de l'importance de la restitution de ces conditions par l'outil de représentation afin de respecter la réalité perçue ; et d'autre part du conditionnement de cette restitution par les protocoles et dispositifs d'immersion et d'interaction avec le monde virtuel. Dans ce chapitre, la comparaison entre l'étude immersive *in situ* et l'expérimentation 3 *in vitro* nous permet de discuter trois points importants de notre problématique :

- Les potentialités et les limites de la méthode des parcours commentés dans l'étude du paysage virtuel et dans un système de réalité virtuelle ;
- Les potentialités et les limites de la réalité virtuelle pour l'étude sensible des impacts des éoliennes ;
- Les potentialités et les limites de la réalité virtuelle pour l'étude sensible du paysage ou comment mettre en œuvre les conditions nécessaires à l'expérience paysagère (immersion, multisensorialité et mouvement) dans un projet paysager ?

## 8.1 Evaluation de la méthode d'enquête

### Les parcours commentés :

Le 6 rend compte des avantages de la méthode des parcours commentés, méthode immersive, intersensorielle et dynamique, dans l'étude des impacts des éoliennes et de ses potentialités pour l'étude subjective du paysage. La méthode des parcours commentés a confirmé d'une part l'influence du mouvement et de l'environnement sur la perception, et d'autre part, la participation du paysage, grâce à ses modalités multi-sensorielles et à sa dynamique, à la construction de l'espace perçu. Nous pouvons affirmer donc que les parcours commentés peuvent être appliqués à un contexte rural ; ils nécessitent toutefois d'être adaptés car comme nous l'avons supposé, le contexte rural est plus dépouillé que le contexte urbain et a donc moins suscité la parole, et le discours a été focalisé sur les éoliennes, éléments les plus marquants dans le paysage. Le rôle de l'investigateur s'est aussi trouvé renforcé afin d'activer la parole.

Le rôle de l'investigateur a été encore plus marquant *in vitro* qu'*in situ* car l'enquêté est doublement « désorienté » : le paysage dépouillé d'une part et l'expérience virtuelle – nouvelle et inhabituelle pour la plupart – d'autre part n'incitent pas beaucoup à parler surtout en début de parcours l'enquêté doit s'adapter au mode de déplacement et de vision avec le dispositif

d'interaction. Le parcours commenté, habituellement libre et spontané, s'est donc transformé en un entretien « illustré » où l'enquêté, immergé et interagissant avec le monde virtuel, perçoit et répond aux questions libres de l'enquêteur (« *qu'est-ce que vous regardez ?* » ; « *pourquoi vous regardez par là ?* » ; « *qu'est-ce que vous pensez du bruit ?* » ; etc.). Ces questions poussent le participant à réfléchir à ses actions et à se concentrer sur un sens, une image, un geste qu'il a opéré, ce qui n'est peut-être pas spontané car cela peut influencer son attention et sa perception [Levy 2001] mais nous pensons que cela n'influence pas ses réponses aux questions car elles expriment son opinion personnelle comme c'est le cas pour les entretiens et les questionnaires. Ce genre « d'entretien » est plus adapté à la verbalisation de la perception dans un paysage rural dépouillé. En outre, cette manière d'opérer recentre le discours à chaque fois sur nos objectifs d'étude même si elle peut empêcher un peu l'immersion de l'utilisateur.

L'entretien « semi-directif » permet de cadrer les propos de l'enquêté dans des thématiques précises décidées par l'enquêteur. Dans le monde virtuel, la transformation des parcours commentés en entretiens « illustrés » est une idée pertinente pour discuter la méthode comme outil de concertation pour le paysage (hypothèse de travail) : l'investigateur peut être le concepteur qui questionne l'utilisateur autour du futur projet selon une grille d'entretiens préétablie qui englobe toutes les questions du concepteur et répondra ainsi plus précisément à l'amélioration du projet.

### **Les questionnaires :**

Nous avons couplé les parcours commentés à des questionnaires afin de compléter l'expérience immersive (récolter encore plus d'informations sensibles et les confronter à ceux de la perception immédiate) et pour appuyer la richesse de la perception immédiate (les informations sensibles « perdues » entre l'immersion et la non-immersion). Dans le contexte virtuel, les questionnaires ont aussi permis à l'enquêté d'avoir un recul par rapport à l'expérience virtuelle et de l'interroger (ce qui l'a gêné, ce qu'il a apprécié, ce qui lui a manqué, ce qu'il propose, etc.).

Le couplage d'une méthode immersive à une méthode d'enquête classique non-immersive est un bon moyen exhaustif pour enrichir, compléter et structurer les résultats. Les dessins et les séquences demandés ont été par exemple un bon moyen pour saisir l'influence de l'interaction « utilisateur-monde virtuel » dans la compréhension spatiale (expérimentation 1) ou pour dégager les repères visuels qui structurent les parcours du point de vue de l'observateur, ce qui était difficile à faire avec les parcours commentés. De plus, le questionnement de l'enquêté a posteriori sur son expérience virtuelle est nécessaire pour évaluer son immersion (souvent difficile à saisir dans l'immédiat).

## **8.2 Evaluation de la réalité virtuelle dans la restitution des impacts des éoliennes**

Dans le 3 sur les éoliennes, nous avons vu que l'éolienne possède plusieurs traits caractéristiques dans sa relation avec l'espace : hauteur (la verticalité), couleur, mouvement et bruit. Ces critères sont aujourd'hui présentés aux acteurs du projet d'une manière non-immersive, mono-sensorielle (visuel ou sonore) et statique ce qui est loin de représenter l'expérience paysagère réelle des éoliennes (démontrée dans le 6). Bien qu'il ait présenté des limites techniques qui se sont répercutées sur les résultats et informations sensibles, le système de réalité virtuelle proposé dans l'expérimentation 3 a restitué les conditions d'immersion, de multisensorialité et de mouvement de l'expérience sensible des éoliennes. Il a de grands potentiels pour étudier le projet éolien et pour être un outil de

discussion. Dans ce qui suit, nous discutons le système de réalité virtuelle selon les 3 conditions nécessaires à l'expérience paysagère.

**L'immersion** de l'utilisateur *in vitro* est très complexe à saisir. Elle engage un processus cognitif et mental qui fait que l'utilisateur se sent – ou non – présent dans le monde virtuel comme s'il était dans le monde réel. Ce processus est implicite. Le discours de l'utilisateur et les questionnaires nous ont beaucoup aidés à évaluer l'immersion mais certains éléments nous échappent car quand l'utilisateur s'exprime sur l'éolienne virtuelle par exemple (« *elles sont vraiment grandes !* »), nous ne pouvons savoir s'il parle du « modèle 3D » ou de l'objet. Cependant, certains comportements sont explicites comme lorsque l'usager compare ce qu'il perçoit au monde réel (« *le site réel, c'est exactement ça les éoliennes ?* ») ; ces observations nous permettent de déduire que les enquêtés n'ont pas été immergés d'une manière continue tout au long du parcours. Mais nous pensons que cela n'a pas beaucoup affecté les résultats puisqu'ils ont été majoritairement restitués :

- L'immersion a permis d'apprécier les caractéristiques paysagères importantes de l'éolienne : la hauteur et le mouvement des pales. Elle a surtout rendu compte que cette appréciation est différente selon le point de vue et qu'elle évolue dans l'espace et dans le temps. Ceci n'est pas possible avec un outil de représentation classique (photomontage). Le rendu de l'échelle réelle dans le monde virtuel et de la dynamique paysagère (mouvement des pales) est un élément-clé dans cette appréciation esthétique. Il a participé fortement au sentiment d'immersion.
- L'immersion a aussi révélé la juste appréciation des formes spatiales du paysage (sauf la végétation du chemin du parcours 1 et la lecture horizontale du parcours 2) qui ont joué un rôle dans l'évaluation perceptive de l'impact des éoliennes. En effet, le regard de l'observateur se modèle suivant les propriétés des éléments paysagers qu'il rencontre (visibilité, forme, couleur, position spatiale, échelle, etc.) ; ces éléments suscitent et influencent son action. C'est ainsi par exemple que l'espace ouvert et dépouillé dans le parcours 2 a rejeté le regard de l'utilisateur vers le fond du parcours et lui a donné envie d'atteindre la fin (cette envie a été plus forte *in vitro* qu'*in situ*). Ce couple « perception/réaction » restitué dans le monde virtuel, démontre l'immersion de l'enquêté.
- L'immersion sonore veut dire que l'enquêté a considéré comme réelles les ambiances sonores et les a donc évaluées comme telles et non comme des ambiances factices. Certains enquêtés ont comparé les sons *in vitro* à ceux qu'ils connaissent *in situ* et donc, ils n'ont pas été immergés ; mais cela est arrivé en début de parcours à chaque fois, c'est-à-dire lorsque le participant est en train de découvrir le système virtuel. Plus l'enquêté avançait dans le parcours, plus l'immersion sonore – et visuelle aussi d'ailleurs – s'améliorait.

**L'intersensorialité** (visuel/sonore) a été restituée dans les 3 expérimentations virtuelles ; elle a consolidé l'identité paysagère du lieu. Pourtant elle n'a pas été interprétée de la même façon à chaque fois car la perception visuelle évoluait selon le mode interactif utilisé. C'est ainsi qu'avec la même perception sonore, nous avons eu plusieurs lectures du paysage dans le parcours 1 : une lecture « rurale » (expérimentation 1) puis une lecture « plutôt manufacturée » (expérimentation 2) et enfin une lecture « manufacturée » (expérimentation 3) car la manière d'interagir avec le monde virtuel changeait à chaque fois. Ceci nous démontre d'une part que l'interaction des sens est un élément majeur du couple « perception/interprétation » et qu'elle est tributaire du dispositif technique utilisé *in vitro*.

La restitution du **mouvement de l'observateur** *in vitro* a mis en valeur la spatio-temporalité et la contextualisation de la perception :

- La spatio-temporalité est une notion importante du paysage qui est souvent absente dans les outils de représentation classiques. La spatio-temporalité de la perception signifie que cette dernière est fluide, continue et qu'elle se façonne dans l'interaction « utilisateur-environnement » : le système de réalité virtuelle a démontré que plus cette interaction est naturelle (restitution des signaux visuels et non-visuels de la motricité) plus l'utilisateur est immergé et plus il réagit comme dans le contexte réel. Parcourir librement l'espace, s'arrêter un instant, lever les yeux, reprendre son mouvement sont des actions qui ont permis à l'utilisateur d'appréhender le paysage comme il le fait quotidiennement selon ses propres critères subjectifs. Cela a révélé que les éoliennes structurent le « nouveau » paysage d'une manière différente selon le point de vue et que leur perception visuelle et sonore évoluent dans le temps même le temps d'un parcours d'une dizaine de minutes.
- Il est vrai que les études objectives et subjectives non-immersives sur les éoliennes ont déjà démontré les caractéristiques paysagères notoires des éoliennes (couleur, hauteur, mouvement des pales, bruit) mais la réalité virtuelle a permis la contextualisation et la qualification de ces caractéristiques : à quel endroit ces caractéristiques sont les plus fortes ou les plus faibles ? Comment évoluent-elles dans l'espace et dans le temps ? Quels jugements subjectifs et à quel moment ? Comment l'environnement et les formes spatiales influencent les caractéristiques visuelles et sonores des éoliennes ? Etc. La contextualisation de la perception en mouvement a été mieux mise en évidence *in vitro* qu'*in situ* grâce aux enregistrements vidéo.

Le système de réalité virtuelle développé dans notre recherche a été fidèle au complexe paysager car il restitue le couple « perception/action », c'est-à-dire la relation « individu-environnement » (utilisateur- environnement virtuel). L'*immersion*, l'*intersensorialité* et le *mouvement* forment l'entité « individu » qui interagit avec le monde. C'est pour cela qu'ils se complètent et interagissent dans la construction de l'expérience paysagère : la perception ne serait pas la même s'il n'y avait pas d'immersion ou s'il n'y avait pas de perception en mouvement. Et c'est aussi pour cela que la construction du système de réalité virtuelle (protocoles d'immersion et d'interaction) influence fortement l'expérience paysagère des éoliennes : dans notre système, la réalité virtuelle a eu quelques limites pour le projet paysager. Ils concernent l'étalement spatial du paysage qui nécessite une interface visuelle plus large (exemple : CAVE) et l'appréhension de la distance œil-rotor qui est difficile à rendre dans n'importe quel système de réalité virtuelle étant donné la différence d'échelle entre la salle immersive et le paysage virtuel simulé. Malgré ces limites, la réalité virtuelle couplée à la méthode des parcours commentés peut former un bon outil de discussion du projet éolien car elle a restitué l'expérience sensible du paysage et permet donc de l'anticiper. Nous esquisserons dans la prochaine section les grandes lignes de cette anticipation : un cahier des charges d'un système de réalité virtuelle pour l'étude et la discussion du projet paysager.

### 8.3 Evaluation de la réalité virtuelle dans l'étude du paysage

Le paysage des éoliennes est singulier à cause de la hauteur des éoliennes, du mouvement des pales et des nuisances sonores ; tous trois sont des caractéristiques particulières dans un paysage et dans un projet paysager. Le système de réalité virtuelle mis en place répond spécifiquement à cette singularité mais il répond aussi à des caractéristiques paysagères générales : les ambiances sonores par exemple ont joué un rôle important dans la détermination et la restitution des caractéristiques paysagères grâce à leur interaction avec la perception visuelle. L'autre exemple est le mouvement dans la scène (dans le cas des éoliennes, il s'agissait des pales) qui a aussi été une caractéristique

paysagère importante. La construction d'un système de réalité virtuelle pour le projet paysager doit prendre en compte ces critères.

Le projet paysage peut être le « produit » d'un projet et sa finalité (comme notre cas de l'étude d'impact d'une infrastructure et d'une action sur l'espace) ou le « facteur » du projet comme processus continu et structurant du début jusqu'à la fin (le paysage est une manière de réfléchir le projet dans une échelle temporelle assez large) (cf. paragraphe 1.2.1). La réalité virtuelle peut répondre aux deux types de projet si l'échelle spatiale est maîtrisable, c'est-à-dire que le point de vue de l'utilisateur peut être modélisé et il est un des objectifs recherchés du projet ; la réalité virtuelle est plus facilement utilisée dans un espace restreint où la dimension sensible (l'échelle humaine) prend tout son sens.

Le projet paysage réunit la conception du projet et son processus de médiation : généralement la médiation se déroule une fois la conception du projet finie mais nous pensons qu'il faut intégrer l'utilisateur à chaque étape de la conception (nous rappellerons qu'il y a trois étapes à la conception : la phase Esquisse, la phase « Avant-Projet-Sommaire » et la phase « Avant-Projet-Détaillé ») car les usagers se plaignent parfois d'être face à un projet bien ficelé qu'il est difficile pour eux de remettre en cause [De Lajarte 2004] et pour le concepteur de revoir. Le système de réalité virtuelle peut facilement intégrer les trois étapes (outil *réversible*) mais il doit répondre différemment à chaque étape (cf. paragraphe « 2/ modélisation » ci-dessous). Nous détaillons dans ce qui suit plusieurs critères et étapes pour la construction d'un système de réalité virtuelle pour le projet paysager :

#### 1/ Choix des parcours et/ou des points de vue :

- L'utilisateur est le point de départ de la recherche de parcours et de lieux « stratégiques » pour le système virtuel à développer : à quel utilisateur nous intéressons-nous ? L'habitant ou le visiteur ? Quels lieux fréquente-t-il qui soient les plus intéressants à étudier pour le projet ?
- Des zones délimitées peuvent être identifiées en croisant spatialement les points de vue accessibles à cet utilisateur avec les *périmètres de perception* du projet (desquels le projet est perceptible). Cela peut s'effectuer à l'aide des SIG ;
- Les points de vue (belvédères ou parcours) choisis doivent répondre aux critères d'accessibilité, de fréquentation par les utilisateurs, de pertinence pour le projet paysager (exemple : lecture horizontale/verticale du projet). Dans le cas des parcours, ils ne doivent pas offrir de choix de direction qui susciteront la curiosité de l'enquêteur et qu'il ne pourra pas emprunter dans un monde virtuel.

#### 2/ Modélisation :

- Le degré de réalisme est un élément important dans le monde virtuel [Stock *et al.* 2006] surtout pour des éléments paysagers proches de l'utilisateur : plus l'objet est proche et visible à l'utilisateur plus il faut le détailler. Le réalisme est aussi un « danger » pour l'environnement virtuel dans le sens où plus il est réaliste, plus l'utilisateur s'attendra à retrouver la même réalité une fois construite. Dans ce cas, l'environnement virtuel perdra son atout de réversibilité et se trouvera rigidifié avec peu de marges de liberté. C'est pour cela que nous proposons l'intégration de la réalité virtuelle à toutes les étapes de la conception ; ainsi, le degré de réalisme sera progressif (du plus flexible au plus finalisé) ;
- La concertation est plus efficace en amont [ADEME 2002a] et donc, il serait intéressant d'intégrer l'utilisateur à différents moments de la conception. L'avantage de cette approche à trois temps est non seulement une meilleure concertation mais aussi un moyen de mettre en

valeur la dimension temporelle du projet car nous avons constaté dans l'exemple étudié que les habitants ne perçoivent pas les éoliennes de la même manière que des visiteurs. La concertation à trois temps permet donc aux usagers (surtout les habitants) d'acquiescer progressivement le projet projeté, de s'y habituer et d'éviter un effet de surprise qui est parfois désagréable pour certains habitants. Nous développons dans ce qui suit quelques idées pour adapter le système de réalité virtuelle à chaque étape :

- A la **phase « étude d'esquisse »**, le concepteur propose une ou plusieurs solutions d'ensemble traduisant les éléments majeurs du programme. L'outil de représentation développé pour une médiation à ce niveau de la conception peut être non immersif et même abstrait car il a surtout besoin d'expliquer les intentions du projet sans pour autant prendre beaucoup de temps de réalisation aux concepteurs. Les représentations fournies peuvent être classiques comme ceux que nous avons cités dans le paragraphe 1.4 en présentant les deux points de vue « expert » et « utilisateur » (exemples : cartes et croquis ; axonométries et photomontages ; cartes et animation) sans oublier la présentation orale du concepteur pour expliquer ses intentions, elle est primordiale pour accompagner les supports de représentation [Joliveau 2004] ;
- A la **phase APS**, le concepteur précise la composition générale en plans et en volumes afin que les parties prenantes du projet apprécient les caractéristiques paysagères. Les solutions proposées ici intègrent les idées récoltées du premier contact établi avec les usagers dans la phase précédente (solutions revues et corrigées des discussions de la phase « esquisse »). L'outil de représentation que nous proposons pour cette étape doit aussi être double : points de vue de l'expert et celui de l'utilisateur. Nous insistons sur le « double » outil dans les deux premières phases de conception car le point de vue de l'expert renseigne sur l'impact spatial du projet et sur la situation des points de vue subjectifs choisis pour le système virtuel (parcours ou belvédère) alors que le point de vue de l'utilisateur restitue au projet sa dimension humaine. Le système de réalité virtuelle proposé à cette étape répond au point de vue « utilisateur » (subjectif) et a besoin d'être immersif, interactif et peu ou prou détaillé (exemple : la végétation peut être en 2D). Cela peut correspondre à nos expérimentations 2 ou 3 selon les moyens financiers et techniques disponibles. Cependant, l'outil de représentation peut être « mixte » comme les travaux en cours qui cherchent à coupler les SIG et la réalité virtuelle ([Stock *et al.* 2006] ; [Döllner *et al.* 2005]) ;
- A la **phase APD**, le concepteur présente un projet « ficelé » où il ne peut prévoir beaucoup de modifications mais le projet a ici intégré à deux reprises les préférences des usagers ; il s'agit donc plus de confirmer et de matérialiser les propositions du point de vue du ressenti que d'en fournir d'autres. L'outil de représentation de cette dernière médiation autour du projet doit donc être finalisé (amélioration du système de réalité virtuelle utilisé dans la phase APS) et d'un point de vue subjectif car il s'agit plus de présenter une future réalité perçue (une expérience paysagère immersive, multisensorielle et dynamique) que de la modifier. Cela peut correspondre à l'expérimentation 3 ou à un système encore plus amélioré. Le couplage points de vue objectif/subjectif n'est ainsi pas nécessaire.

### 3/ Intersensorialité :

- Les questions qui se posent pour la perception intersensorielle sont : quels sens – excepté la vision – sont importants à restituer pour le projet paysager ? Comment les restituer ? Car nous savons que les ambiances sonores sont les plus faciles à restituer dans le monde virtuel (lorsqu'il ne s'agit pas de simuler mais d'implémenter des sons existants) et ils sont aussi généralement les plus importants pour la perception intersensorielle d'un paysage rural après l'aspect visuel. L'autre sens susceptible d'intervenir dans un contexte rural est le toucher pour la sensation du vent. Ce sens est fastidieux à restituer dans une salle immersive car dans le cas de notre étude, nous avons pensé à un ventilateur dans la salle pour « simuler le vent » mais cela aurait engendré d'autres problématiques (nuisances sonores, source directionnelle contrairement au vent, etc.) ;
- La détermination de l'objectif de la restitution est aussi importante dans la construction du système virtuel : évaluer et qualifier la perception sensorielle en particulier ou améliorer le réalisme de la scène et donc la présence et l'immersion de l'observateur ? Dans le premier cas, la « précision » de la restitution est plus importante que pour le deuxième cas. Dans le cas des ambiances sonores, il faut identifier les différentes sources sonores déjà existantes et celles futures s'il y a : quels sons rendre (faire des tests de rendus sonores dans la salle immersive) ? Dans quel sens et à quelle distance les sons vont se propager ?

### 4/ Interfaces comportementales (immersion et interaction) :

- Chaque sens restitué nécessite une interface d'immersion correspondante. L'interface visuelle est primordiale puisque la perception est généralement d'abord visuelle. Dans le contexte rural, l'étendue spatiale (horizontale ou verticale) est importante à questionner. Dans le cas d'un étalement horizontal, un écran cylindrique peut constituer une bonne solution. Dans le cas d'un étalement vertical ou couplé (horizontal et vertical) un CAVE est apprécié ou à défaut un visiocasque ;
- Les interfaces pour l'interaction concernent généralement ceux pour le mouvement par stimulation visuelle et ceux pour le déplacement moteur. Dans le premier cas, les meilleures solutions sont les capteurs de tête (les plus naturels) mais les joysticks (exemple : la wiimote) se démocratisent avec les jeux sur ordinateur. Regarder un environnement virtuel avec un joystick est presque naturel pour un certain public. Dans ce sens, ils peuvent donner de bons résultats à la caractérisation de la perception. Dans le deuxième cas, l'interface de déplacement dépend de l'étendue spatiale de l'environnement virtuel : dans le cas d'un belvédère par exemple, la surface de la salle immersive peut suffire alors que dans le cas d'un espace plus vaste, le tapis roulant et l'instrumentation du vélo sont de bonnes solutions.

### 5/ Méthode d'enquête :

- L'entretien libre comme moyen pour récolter la perception immédiate (investigateur virtuel) et les questionnaires comme moyen pour saisir la perception mémorisée et enrichir les résultats sont de bonnes solutions pour discuter le projet.

Nous avons évoqué ci-dessus que le réalisme de la scène virtuelle est une réelle problématique car il est recherché par les utilisateurs mais une fois le projet construit, il est très critiqué. En effet, si la réalité perçue dans le monde virtuel ne correspond pas « exactement » à la réalité construite, les usagers mettront en doute la crédibilité des systèmes virtuels dans un processus de concertation (exemple : pour les éoliennes, si notre système était établi dans un processus de concertation, une

fois le projet construit, les personnes qui entendront les éoliennes dans le parcours 2 diront que nous leur avons menti !). Cet écart de « perception » peut être dû d'une part, aux ambiances (lumineuses, thermiques et aérauliques) qui sont généralement constantes dans le monde virtuel alors qu'elles varient dans la réalité ; et d'autre part, aux dispositifs d'immersion et d'interaction utilisés qui seront toujours optimisés mais difficilement optimums. Certains concepteurs pensent qu'il faut diminuer le réalisme de la scène pour que les usagers ne soient pas déçus une fois le projet construit mais cela peut biaiser leur perception *in vitro*. Nous pensons qu'il faut plutôt faire établir un dialogue avec les utilisateurs (après l'expérience virtuelle par exemple) afin d'expliquer les objectifs recherchés de l'enquête et toutes les différences qu'il peut y avoir entre les deux mondes. Une autre solution serait de recourir à la réalité augmentée (nous développerons cette idée dans les perspectives de ce mémoire).

# CONCLUSION

La troisième partie de notre travail a été consacrée aux résultats de nos expérimentations *in situ* et *in vitro* et à leur discussion dans le projet paysager et dans un processus de médiation. Les enquêtes *in situ* ont démontré la richesse de la méthode des parcours commentés pour l'analyse sensible du paysage. Tandis qu'à travers nos études expérimentales *in vitro*, nous avons évalué les apports de la réalité virtuelle dans le projet paysager et éolien. Nous avons constaté que ces apports sont effectifs dans l'étude sensible du paysage car la réalité virtuelle nous a permis, grâce aux conditions d'immersion, de multisensorialité et de mouvement, de retrouver la majeure partie des caractéristiques perçues de l'expérience paysagère et de leurs conditions d'émergence.

Plusieurs pistes d'investigation sont intéressantes à étudier si notre objectif du départ était centré sur les éoliennes et leurs impacts. Mais notre approche méthodologique s'est essentiellement intéressée à l'optimisation du dispositif d'interaction du système virtuel parce que notre objectif est de développer une méthode immersive, multisensorielle et dynamique pour l'étude du paysage sensible. Notre approche a mis l'expérience paysagère au centre de ses préoccupations et donc notre but était d'améliorer cette expérience paysagère afin que notre méthode soit généralisable et optimisée pour d'autres études paysagères que celles des éoliennes. De plus, les problématiques d'immersion, d'interaction et de déplacement dans le monde virtuel intéressent aussi d'autres domaines que le paysage et l'aménagement de l'espace. L'approche globale était donc plus intéressante à défier et concerne autant le paysage que d'autres projets publics ouverts à la concertation.

La réalité virtuelle est un outil de représentation et d'étude accessible aux parties prenantes du projet (peu de temps d'adaptation), compréhensible (point de vue immersif comme dans la réalité) et réversible qui a sa place dans un processus de concertation paysagère. La mise en place du système de réalité virtuelle et des parcours commentés est toutefois un projet complexe qui demande du temps : aux participants car il nécessite un déplacement vers la salle immersive (surtout lorsque nous voulons la participation des habitants – généralement à la campagne – alors que les salles immersives équipées sont à la ville) et aux concepteurs car l'analyse qualitative est plus difficile qu'une analyse quantitative. C'est pour cela que le nombre de participants est réduit en conséquence. Dans notre étude par exemple – bien que les données sensibles ont été riches – nous avons dû abandonner plusieurs pistes d'analyse à cause du nombre insuffisants d'enquêtés.

Beaucoup de projets de concertation par les environnements virtuels prônent le recours à Internet pour avoir un nombre important de participants avec un coût très réduit mais cela ne reflète évidemment pas l'expérience paysagère réelle. Un projet de concertation avec la réalité virtuelle nécessite du temps, des moyens techniques, des moyens humains et des moyens financiers ce qui le rend complexe à réaliser mais nous avons démontré que des solutions simples et à moindre coût sont possibles (vélo) et restituent mieux l'expérience paysagère.

.....

# CONCLUSION GENERALE

Le développement durable a pour objectif de favoriser un meilleur futur pour tous les humains : l'utilisateur est ainsi l'objectif de toutes les actions politiques, économiques et sociales. Dans la problématique spatiale, cela induit que chaque action doit comprendre les personnes auxquelles elle s'adresse et répondre à leur juste besoin. La meilleure manière de comprendre les besoins d'une personne est de le lui demander. C'est pour cela qu'aujourd'hui, dans les projets paysagers et urbains, le citoyen est un « décideur » dans les projets publics. Il doit exprimer sa vision du monde et ses attentes en évaluant les représentations du projet proposé ; pour une optimisation des résultats et pour une meilleure crédibilité du processus de concertation, l'utilisateur doit percevoir d'une manière similaire les représentations du projet et la réalité construite une fois le projet réalisé.

Le paysage est déjà dans la course vers la durabilité et il est légitime pour un projet de gestion paysagère de penser à l'avenir. Le paysage durable a pour finalité une meilleure gestion des ressources esthétiques, économiques et sociales pour les générations futures. C'est pour cela que le paysage place l'utilisateur au centre de ses intentions conceptuelles où il s'agit d'une part d'analyser et de comprendre le paysage sensible afin de l'intégrer dans la conception du projet et d'autre part, d'améliorer le processus de concertation dont un des moyens est de réfléchir à de nouveaux modes de représentation *accessibles, compréhensibles et réversibles*. La réalité virtuelle peut être cet outil qui est au-delà du mode de représentation technique accessible, compréhensible et réversible ; elle est une méthode intellectuelle qui peut participer à toutes les étapes du projet.

Nous avons émis l'idée que (Si) la réalité virtuelle peut fournir des éléments de réponses pour l'étude sensible du paysage, elle peut aussi rendre service à la médiation paysagère : l'un des principaux objectifs de la médiation est d'établir un consensus sur un projet futur que la réalité virtuelle peut simuler et visualiser. De plus, l'utilisateur « non-initié » aux projets paysagers et au jargon des spécialistes, est au centre de la médiation ; il est aussi au centre du système virtuel dont l'objectif est de lui faire vivre un paysage futur facile à comprendre puisqu'il représente le point de vue d'un observateur immergé et facile à adapter à son quotidien et à ses besoins. Pour toutes ces raisons, la réalité virtuelle est capable d'être un outil d'aide à la décision dans un projet paysager.

**L'objectif principal de cette recherche était donc de proposer la réalité virtuelle comme méthode d'étude immersive, multisensorielle et dynamique du paysage sensible** (le point de vue de l'utilisateur) en mettant l'accent sur ses caractéristiques d'immersion et d'interaction. Ces dernières ont structuré toute notre réflexion théorique et expérimentale car elles caractérisent notre relation au monde.

Le paysage et la réalité virtuelle articulent donc notre problématique sur la définition d'un outil d'étude qui a nécessité un cadre applicatif qui répond à une problématique paysagère forte. L'implantation d'éoliennes a des objectifs énergétiques incontestables qui sont pourtant en contradiction avec sa problématique paysagère. En effet, leurs impacts visuels et sonores ne font pas l'unanimité chez les usagers car les éoliennes modifient le paysage, un paysage dont les qualités esthétiques et sonores sont considérées par certains comme un héritage à transmettre aux générations futures. Cette contradiction du projet (apports énergétiques propres/pollution visuelle et sonore) anime les débats médiatiques et reflète toute la complexité de penser le projet éolien. Les collectivités locales soutiennent dans ce sens les approches participatives en consultant les citoyens

---

le plus en amont possible. En proposant la réalité virtuelle comme outil d'étude immersif, multisensoriel et dynamique du paysage, sommes-nous capables de restituer les impacts visuel et sonore des éoliennes afin de proposer cette méthode en amont du projet ?

Pour répondre à ces objectifs et questionnements, nous appuyons la fin de notre recherche sur le rappel des différentes étapes et résultats de notre contribution, puis nous dégagerons des perspectives d'évolution de ce travail.

**La première partie de ce mémoire** fait état des différents thèmes abordés (paysage, réalité virtuelle, éoliennes) afin de saisir les pertinences de chacun et de concourir à une problématique commune.

Le *paysage* est une notion centrée sur son « *spect-acteur* »<sup>19</sup>. Ce dernier perçoit, via des modalités intersensorielles, l'espace. Les informations disponibles dans cet espace sont multiples : l'observateur les interprète ce qui suscite une ré-action de sa part. C'est ainsi que l'expérience sensible du paysage est vécue sur le terrain : elle est immédiate, immersive, intersensorielle et dynamique. L'écologie de la perception a montré dans ce sens que le mouvement de l'observateur rehausse sa perception et lie les informations spatiales aux informations temporelles (une approche à quatre dimensions). Nous assumons dès lors que la gestion paysagère doit respecter l'essence du paysage en adoptant une méthode en quatre dimensions (immersive, multisensorielle et en mouvement) pour penser le projet sensible, c'est-à-dire pour intégrer l'utilisateur dans le processus d'analyse et/ou de concertation. Aujourd'hui, ni l'analyse du paysage sensible ni le processus de concertation ne font appel à ces conditions : les méthodes d'analyse sont non-immersives (questionnaires, entretiens) et les modes de représentation, quoique accessibles, sont parfois non compréhensibles ni réversibles.

La *réalité virtuelle* est un ensemble de techniques interdisciplinaires qui, grâce à ses caractéristiques d'immersion et d'interaction, s'intéresse fortement à l'utilisateur tout comme la gestion paysagère. Les environnements virtuels sont aujourd'hui capables de grandes résolutions, grand réalisme, interaction, immersion, etc. tout est désormais possible grâce aux performances des processeurs. La question qui reste posée est la suivante : comment utiliser au mieux toutes ces performances ? Dans la problématique paysagère, elle doit immerger un utilisateur dans l'espace grâce à des interfaces sensorielles et le faire interagir avec l'espace grâce à des interfaces motrices. Les limites de la réalité virtuelle pour ce genre de projet sont le déplacement (grande étendue spatiale) et la multisensorialité (tous les sens ne peuvent pas être restitués). Comment peut-elle mettre en place ces conditions dans l'étude d'impact des éoliennes sur le paysage ?

L'énergie *éolienne* est au cœur du développement des territoires et intègre des questions d'ordre énergétique, politique, réglementaire et social : un contexte politique et énergétique encourageant voire hégémonique, un contexte réglementaire entre encouragement et prohibition, et un contexte social chaotique mais le point de vue « contre » est le plus visible parce que le plus médiatisé. Puisque nous nous intéressons dans notre problématique paysagère à l'utilisateur, c'est la relation « éoliennes/paysage/utilisateur » qui a le plus attiré notre attention. Cette relation fait valoir la problématique des impacts visuel et sonore de l'objet « éolienne » dans l'environnement et son approche d'étude limitée par les concepteurs (impact visuel : mode de représentation non-immersif, impact sonore : approche technique et non sensible). De plus, plusieurs acteurs du projet éolien sont convaincus que la problématique paysagère est liée à une mauvaise étude des impacts et à une concertation inadéquate. La réalité virtuelle peut contribuer aux deux questionnements.

---

<sup>19</sup> Terme élaboré à la croisée des arts plastiques contemporains et des arts numériques afin de faire valoir l'interactivité dans les créations artistiques.

A la croisée de ces trois thèmes, nous nous sommes proposé de discuter la restitution de l'expérience paysagère des éoliennes par la réalité virtuelle afin d'évaluer les potentialités de cet outil pour l'étude et la concertation du paysage.

**La deuxième partie de ce mémoire** a donc cherché d'une part, à répondre à ces objectifs en leur apportant les méthodes nécessaires à leur exécution et d'autre part, à trouver le site d'investigation et les protocoles expérimentaux adéquats pour accomplir la méthodologie adoptée.

L'instauration d'une méthode immersive, multisensorielle et dynamique pour l'étude du paysage doit s'intégrer aux deux phases du projet : 1/ pour l'analyse du paysage sensible existant, nous avons proposé de démontrer que l'expérience immersive, multisensorielle et dynamique est plus riche en informations sensibles qu'une expérience non-immersive. Pour cela, nous avons proposé de faire une étude comparative entre une méthode d'analyse immersive, la méthode urbaine des « parcours commentés », et une méthode d'analyse non-immersive mais fréquemment utilisée dans les analyses sensibles du paysage, la méthode des entretiens. 2/ pour la médiation paysagère, nous avons proposé de justifier que la restitution de l'expérience paysagère immersive, multisensorielle et dynamique par le mode de représentation (outil de concertation) améliore l'évaluation subjective du paysage (meilleurs résultats pour la concertation) et respecte la réalité perçue. Pour cela, nous avons suggéré une étude comparative à trois temps : un premier système de réalité virtuelle immersif non interactif qui veut montrer les potentialités de l'immersion multisensorielle (interaction du visuel et du sonore) dans la compréhension du paysage, un deuxième système de réalité virtuelle immersif et interactif (avec une Wiimote) qui veut montrer l'importance de la restitution de la liberté du mouvement par stimulation visuelle dans la compréhension spatiale et un système de réalité virtuelle immersif et interactif (avec un vélo) qui veut montrer les avantages de la restitution des signaux non-visuels du déplacement dans l'expérience paysagère.

Une comparaison finale entre l'expérience paysagère réelle et celle virtuelle (comparaison des résultats des enquêtes *in situ* et *in vitro*) a étudié la restitution des perceptions par le système de réalité virtuelle et la validation des apports de la réalité virtuelle dans le projet éolien et paysager.

Ces études expérimentales ont été menées sur deux parcours existants qui mettent en scène différemment le parc éolien de Plouguin. Ce parc a été choisi pour des critères d'accessibilité, de proximité « parc/habitations » et de conflits. Les deux parcours diffèrent selon leur distance au parc (aire immédiate/aire rapprochée), leur composition esthétique (lecture verticale/horizontale) et leur type d'impact (impact visuel/impacts visuel et sonore). Le couple « parcours commentés / questionnaires » définit notre protocole méthodologique dans quatre des cinq enquêtes proposées (sauf celle des entretiens semi-directifs). La méthode des parcours commentés met en valeur une perception immédiate alors que les questionnaires mettent en valeur une perception mémorisée du parcours ; les perceptions récoltées sont caractérisées (individu) et contextualisées (environnement).

**La troisième partie de ce mémoire** met en application les protocoles expérimentaux et la méthodologie adoptée afin d'en exposer les résultats, de les discuter et de réfléchir à l'intégration de la réalité virtuelle comme outil d'étude de l'expérience paysagère dans un processus de projet.

Les résultats des différentes enquêtes et surtout leur comparaison et synthèse ont montré que l'expérience paysagère immersive, multisensorielle et dynamique est riche en informations sensibles exploitables pour comprendre le paysage sensible ; elle fournit donc de meilleurs résultats pour la phase « analyse » du paysage que les expériences non-immersives. L'approche virtuelle à trois temps a aussi montré la nécessité des conditions d'immersion, d'intersensorialité et de mouvement

---

dans la compréhension de l'espace virtuel afin qu'il restitue les perceptions du paysage réel : l'immersion permet d'apprécier à leur juste valeur les caractéristiques paysagères, l'interaction des sens est plus fidèle à la réalité qu'une perception monosensorielle et la perception en mouvement met en valeur la spatio-temporalité et la contextualisation de la perception. Ces conditions sont nécessaires donc à l'outil de représentation pour être un bon outil de conception et de concertation avec les usagers.

Le système de réalité virtuelle que nous avons mis en place a répondu d'une manière plutôt favorable à l'expérience paysagère car il croise le système bouclé « perception / interprétation / action » comme dans la réalité ; ceci grâce à ses propriétés d'immersion et d'interaction. Ces dernières sont à la base de la construction du système virtuel et conditionnent fortement la restitution des impacts et des perceptions. Les potentialités de la réalité virtuelle pour l'étude sensible du paysage validés, nous avons établi un cahier des charges pour l'intégration de la réalité virtuelle dans le projet paysager en trois temps. En effet, nous proposons d'intégrer l'utilisateur comme « décideur » dans les trois phases de la conception : à la phase « Esquisse », à la phase APS et à la phase APD avec des degrés d'immersion et d'interaction allant des plus faibles aux plus forts à la fin du projet.

Les conclusions du présent document se proposent d'éclairer **plusieurs pistes de recherche et perspectives** pouvant poursuivre ou appliquer le travail engagé. Nous rappelons que nous avons essayé de focaliser sur l'expérience paysagère et sur son optimisation dans un système virtuel et non sur l'étude des impacts des éoliennes (cas d'étude). Pourtant, notre travail a beaucoup de potentiel pour traiter le sujet éolien. C'est pour cela que nous groupons nos perspectives dans deux groupes : des propositions dédiées aux projets éoliens et des propositions plus générales pour le projet paysager. Toutefois, les deux types de propositions se recoupent.

#### **Pistes de recherche pour le projet éolien :**

L'étude des impacts des éoliennes sur le paysage que nous avons élaborée n'est pas exhaustive. Elle aurait pu être résolue de différentes manières où le parc éolien aurait été au centre de nos réflexions :

- L'évaluation de l'impact des éoliennes sur le paysage s'interroge sur la valeur ajoutée « éolienne » dans l'espace, c'est pour cela que l'appréciation subjective de l'environnement sans les éoliennes et puis avec les éoliennes (le sens contraire est aussi intéressant à évaluer) est mieux adaptée pour déterminer « les impacts ». La réversibilité des environnements virtuels facilite cette action ;
- Nous avons choisi d'étudier deux parcours chacun dans une aire de perception différente mais ce ne sont pas les seuls points de vue intéressants dans le paysage. L'étude d'autres parcours donnerait d'autres points de vue des éoliennes qui seraient intéressants à comparer entre eux (lecture verticale à distance, lecture en biais, point de vue des parcours de randonnées du Littoral qui sont très fréquentés par les habitants et les touristes). La comparaison affinera les informations sensibles concernant les éoliennes et leur mise en scène selon le contexte et les formes spatiales ;
- Nous avons délibérément choisi de ne pas varier les ambiances lumineuses et aérauliques (dans le domaine sonore) parce que nous avons concentré nos efforts sur le système virtuel. Celui-ci optimisé, nous pouvons étudier l'influence des facteurs physiques sur la perception visuelle et sonore en faisant varier la mise en lumière et les ambiances sonores de la scène. Cette étude permettra d'approfondir et de préciser l'évaluation de cette influence comme c'était le cas *in situ* ;

- Le parc de Plouguin et ses éoliennes correspondent à une typologie bien particulière (paysage rural plat, éoliennes dessinées par un architecte- ingénieur) qu'il aurait été pertinent de comparer à un autre parc et à une autre typologie afin de déceler la variation des impacts selon le site et l'environnement immédiat et de proposer un outil opérationnel plus global pour l'étude des projets éoliens ;
- Notre échantillon de personnes n'est pas représentatif. Dans un cadre concret pour la concertation, habitants, élus et concepteurs discutent le projet. Notre système de réalité virtuelle et la méthode des parcours commentés associée pourront être éprouvés avec les différents acteurs afin de comparer les différentes perceptions et attentes de chacun du point de vue « paysage », « éoliennes » et « système virtuel ». Il s'agit de réfléchir au système virtuel comme un système capable d'être consensuel. La confrontation opératoire des avis et des langages apportera sûrement d'autres avantages et limites du système à étudier ;
- Au lieu d'essayer de simuler complètement l'expérience sensible, ce qui est toujours très difficile à atteindre à cause de la complexité de notre environnement physique et sensible, la réalité augmentée suit une approche différente. Elle combine objets réels et virtuels dans un environnement réel en corrigeant les alignements, les occultations, la mise en lumières, etc. des objets virtuels dans la vue réelle. Ainsi, l'utilisateur n'expérimente pas un monde complètement factice (le réalisme est plus fort ce qui crédibilise la scène chez l'utilisateur et améliore son immersion et l'effet de son action). Cette idée est une solution possible pour recourir à la problématique du réalisme (cf. Section 8.3) mais la réalité augmentée est très difficile à mettre en place car elle a besoin d'être exhaustive sur la question de la crédibilité des objets virtuels (l'insertion précise des objets virtuels dans une scène réelle et leur manipulation, niveaux de détails, intégration de l'éclairage, etc.).

#### **Pistes de recherche pour le projet paysager :**

Un projet paysager a des échelles spatiotemporelles très différentes (cf. Figure 10; [Joliveau 2004]). Notre étude du paysage s'appuie sur le point de vue immergé de l'observateur, elle peut donc répondre au « projet paysager » (échelle spatiale ponctuelle, exemple : le projet architectural), au « paysage projet » (exemple : impact d'un aménagement) et au « paysage d'aménagement » (échelle de la commune) ; en revanche, il est difficile de répondre au « paysage de territoire » car cette approche de l'espace est globale et étendue à la région, il est complexe de penser l'échelle humaine et le point de vue immergé dans les problématiques paysagères d'ordre régional. Ce que nous proposons peut s'appliquer donc aux trois premiers cas :

- Notre cas d'étude des éoliennes est un « paysage projet » bien spécifique. Le système de réalité virtuelle que nous avons développé répond-t-il à d'autres cas de « paysage projet » ? L'expérience paysagère immersive, multisensorielle et dynamique est-elle requise pour un « projet paysager » ? Comment réfléchir la réalité virtuelle pour un « projet d'aménagement » au niveau de la commune ? Toutes ces questions ouvrent de nouvelles perspectives et de nouveaux contextes à l'application du système virtuel. La multiplication des cas d'étude paysagère (impact d'un bâtiment, étude d'un chemin de randonnée, impact de l'implantation d'une nouvelle infrastructure telle que les pylônes ou les routes, etc.) fournira d'autres méthodes pertinentes de penser les protocoles immersifs et interactifs et permettra la démocratisation du recours à la réalité virtuelle.
- Nous avons comparé un parcours réel à son homologue virtuel afin d'évaluer la réalité virtuelle comme outil d'étude sensible du paysage et pour la proposer comme outil de discussion du projet. La continuité logique de cette proposition serait d'intégrer notre

---

méthode dans un processus de concertation autour du projet paysager et à trois niveaux comme nous le proposons dans la Section 8.3. En effet, cette proposition nécessite d'être approfondie par une approche empirique où l'outil virtuel est outil de discussion d'un projet paysager en devenir et où il s'affine en détails et en complexité entre la phase « esquisse », la phase « APS » et la phase « APD ». Cette approche est plus complexe (paysage en devenir) par rapport à notre approche (paysage existant) surtout que des approximations et des simulations sont parfois à faire (exemple : le besoin d'une simulation sonore induit un travail avec des acousticiens) ;

- Le paysage est interdisciplinaire et répond à la combinaison de critères objectifs et subjectifs. Notre approche a été d'une part, dominée par notre regard d'architecte non exhaustif du point de vue paysager et d'autre part, dirigée essentiellement vers l'aspect sensible. Une approche croisant les aspects objectifs (données quantitatives) avec les aspects subjectifs du paysage enrichira et précisera les résultats. Ce croisement peut se faire de différentes manières : 1/ varier les paramètres objectifs et étudier les conséquences de cette variation sur la perception dans le système virtuel (vitesse vent/perception sonore ; niveau décibels/perception sonore ; visibilité / perception et acceptabilité du projet) ; 2/ coupler la réalité virtuelle avec d'autres outils informatiques qui gèrent les données objectives tels que les SIG (Stock et Bishop œuvrent dans ce sens [Stock *et al.* 2006]) ou les logiciels de « co-visibilité », cela agrandit le champ d'action de la réalité virtuelle car notre propre approche s'est focalisée et a été dédiée à l'utilisateur non-initié. Ce couplage implique mieux les concepteurs puisque les données sensibles sont directement gérées et intégrées dans les logiciels de données objectives et vice-versa ;
- L'utilisateur a généralement envie d'être guidé et accompagné dans l'espace virtuel [Tahrani 2006]. L'enquêteur réel, comme nous l'avons évoqué dans la Section 8.1, limite l'immersion de l'enquêté surtout que nous proposons de renforcer l'intervention de l'enquêteur dans le contexte rural (nous proposons de substituer le monologue de l'utilisateur par un entretien semi-directif) (cf. Section 8.1). Nous proposons donc d'implémenter un enquêteur virtuel (avatar) qui questionnera l'utilisateur (dans le monde réel), qui l'accompagnera en créant un dialogue supplémentaire avec le monde virtuel et qui consolidera ainsi le rapport de l'enquêté avec le monde virtuel (meilleure immersion). Tahrani [2006] a déjà utilisé l'avatar comme guide virtuel de l'enquêté mais ce guide avait un rôle passif, il ne dialoguait pas avec l'enquêté. Les avatars (passifs ou actifs dans leur dialogue avec l'utilisateur) sont aussi utilisés dans le monde des jeux vidéo et il est judicieux d'exploiter cette idée dans un but d'étude et dans un processus de concertation.
- Une des grandes problématiques de la réalité virtuelle est de pourvoir l'utilisateur de sa perception globale, ce qui signifie qu'il faut implémenter une interface comportementale à chaque sens. Dans le paysage, la vision et l'ouïe sont dominants mais nous avons vu que la sensation du vent et du toucher est aussi importante dans un contexte rural où l'espace est dégagé. Comment intégrer une interface ou un moyen pour pourvoir l'utilisateur de cette sensation dans le virtuel ?

L'avenir de la réalité virtuelle dans le domaine de l'étude du paysage sensible a un fort potentiel. Notre mémoire ne représente qu'un pas qui mérite d'être prolongé.

# BIBLIOGRAPHIE

[ADEME-et-al.2002] - **Institut Français de Demoscopie** (2002). *Sondage perception de l'énergie éolienne en France* ADEME. Rapport d'étude

[ADEME-et-al.2002a] - **BCDM Conseil** (2002). *Etude pour le développement méthodologique en vue d'une concertation lors de l'implantation d'éoliennes : rapport final*. Angers : ADEME. 75 pages. Rapport d'étude

[ADEME-et-al.2005] - **Coudret-Guibert, N. & Galiano, M.** (ed.) (2005). *Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens*. Paris : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable ; ADEME. 123 pages. Rapport d'étude. Disponible sur : <[http://www.ecologie.gouv.fr/article.php3?id\\_article=3534](http://www.ecologie.gouv.fr/article.php3?id_article=3534)>

[AFSSET-et-al.2008] - **Afsset & ADEME** (2008). *Impacts sanitaires du bruit généré par les éoliennes*. Paris : AFSSET. Rapport d'étude

[Allison-et-al.2002] - **Allison, R. S.; Harris, L. R.; Hogue, A.; Jasiobedzka, U.; Jenkin, H.; Jenkin, M.; Jaekl, P. & Laurence, J.** (2002). Simulating self motion II: A virtual reality tricycle. *Virtual Reality*. vol. 6, n° 2. p. 86-95

[Amelot-et-al.2004] - **Amelot, X. & Couderchet, L.** (2004). Le paysage, indicateur de développement durable: pour une approche multiscale de l'équité spatiale. in : *De la connaissance des paysages à l'action paysagère, Colloque international, Bordeaux, France, 2-4 décembre*. Paris : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable ; Cemagref

[Anderson-et-al.1983] - **Anderson, L. M.; Mulligan, B. E.; Goodman, L. S. & Regen, H. Z.** (1983). Effects of sounds on preferences for outdoor settings. *Environmental behaviour*. vol. 15, n° 5. p. 539-566

[Andre-et-al.2003] - **André, P.; Delisle, C. E. & Réveret, J.** (2003). *L'évaluation des impacts sur l'environnement: processus, acteurs et pratique pour un développement durable*. 2e éd. Montréal : Presses internationales polytechniques. 519 pages

[Arthur-et-al.1977] - **Arthur, L. M.; Daniel, T. C. & Boster, R. S.** (1977). Scenic assessment: An overview. *Landscape and Planning*. vol. 4. p. 109-129. Disponible sur : <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6X2T-4695STN-G/2/62597f0cb57e2e8e5e68ecf3d4845bf9>>

[Augoyard1991] - **Augoyard, J.** (1991). La vue est-elle souveraine dans l'esthétique paysagère? *Le Débat*, n° 65. p. 51-59

[Augoyard1998] - **Augoyard, J.** (1998). La recherche sur les ambiances architecturales et urbaines. *les cahiers de la recherche architecturale*, n° 42/43. p. 13-24. Ce numéro est consacré aux "Ambiances architecturales et urbaines"

[Azpiazu-et-al.2004] - **Azpiazu, A.; Pedrinaci, C. & Garcia-Alonso, A.** (2004). A new paradigm for virtual reality : the guided visit through a virtual worlds. in : Richer, S. & Travarel, B., (ed.). *6th Virtual Reality international conference, IEEE VRIC 2004 Proceedings, Laval France*. Laval : ISTIA. p. 181-186

[Bacic-et-al.2006] - **Bacic, I. L. Z.; Rossiter, D. G. & Bregt, A. K.** (2006). Using spatial information to improve collective understanding of shared environmental problems at watershed level. *Landscape and Urban Planning*. vol. 77, n° 1-2. p. 54-66.

- 
- [Balez2000] - **Balez, Suzel** (2000). L'observation des ambiances olfactives en milieu urbain. *in* : MATTEI, M. & PUMAIN, D. (ed.). *Données urbaines 3*. Paris : Anthropos. p. 426-433
- [Barnes2007] - **Barnes, J. D.** (2007). A variety of wind turbine noise regulations in the United States - 2007. *in* : *Wind turbine noise conference, Lyon, 20-21 septembre*. New Brighton, UK : Institut européen d'ingénierie acoustique (Ince-Europe)
- [Bell-et-al.2004] - **Bell, S. & Ward Thompson, C.** (2004). Paysage, enquête, perception. *in* : *De la connaissance des paysages à l'action paysagère, Colloque international, Bordeaux, France, 2-4 décembre*. Paris : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable; Cemagref
- [Bell2004a] - **Bell, S.** (2004). *Elements of Visual Design in the Landscape*. 2<sup>e</sup> éd. Londres : Taylor & Francis. 196 pages
- [Berger2004] - **Berger, F.** (2004). Energie éolienne: éléments de contexte. *in* : Germain, P. (ed.). *Eoliennes, quels impacts environnementaux ? - Actes du colloque - Angers - 23 mai 2003*. Paris : Editions L'Harmattan. p. 17-26
- [Berthoz1997] - **Berthoz, A.** (1997). *Le sens du mouvement*. Paris : Editions Odile Jacob
- [Bishop-et-al.2001] - **Bishop, I. D.; Wherrett, J. & Miller, D.** (2001). Assessment of path choices on a country walk using a virtual environment.. *Landscape and Urban Planning*. vol. 52, n° 4. p. 225-237
- [Bishop-et-al.2001b] - **Bishop, I. D.; Ye, W. & Karadaglis, C.** (2001). Experiential approaches to perception response in virtual worlds.. *Landscape and Urban Planning*. vol. 54, n° 1-4. p. 117-125
- [Bishop-et-al.2002a] - **Bishop, I. D. & Stock, C.** (2002). Immersive, interactive exploration of changing landscapes. *in* : Rizzoli, A. E. & Jakeman, A. J., (ed.). *Integrated Assessment and Decision Support, Proceedings of the First Biennial Meeting of the International Environmental Modelling and Software Society IEMSs, June 2002*. International Environmental Modelling and Software Society. p. 30-35
- [Bishop-et-al.2003] - **Bishop, I.D. & Rohrmann, B.** (2003). Subjective responses to simulated and real environments: a comparison. *Landscape and Urban Planning*. vol. 65, n° 4. p. 261-277
- [Bishop-et-al.2005] - **Bishop, I. D. & Lange, E.** (ed.). *Visualization in landscape and environmental planning: technology and applications*. Londres : Taylor and Francis. 296 pages
- [Bishop-et-al.2005b] - **Bishop, I. D. & Lange, E.** (2005). Presentation style and technology. *in* : Bishop, I. & Lange, E. (ed.). *Visualization in landscape and environmental planning: technology and applications*. Londres : Taylor and Francis. p. 68-77
- [Bishop-et-al.2007] - **Bishop, I. D. & Miller, D. R.** (2007). Visual assessment of off-shore wind turbines: The influence of distance, contrast, movement and social variables. *Renewable Energy*. vol. 32, n° 5. p. 814-831. Disponible sur : < <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V4S-4K07FN0-1/2/ab27be146db9da3b7ac24ff6ed455bdd>>
- [Bishop2001a] - **Bishop, I. D.** (2001). Predicting movement choices in virtual environments. *Landscape and Urban Planning*. vol. 56, n° 3-4. p. 97-106
- [Bishop2002] - **Bishop, I. D.** (2002). Determination of thresholds of visual impact: the case of wind turbines. *Environment and Planning B: Planning and Design*. vol. 29, n° 5. p. 707-718
- [Blanc-et-al.2004] - **Blanc, N.; Cohen, M. & Glatron, S.** (2004). Quelle place pour le paysage dans les politiques urbaines? *in* : *De la connaissance des paysages à l'action paysagère, Colloque international, Bordeaux, France, 2-4 décembre*. Paris : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable ; Cemagref
- [Bolin2007] - **Bolin, K.** (2007). Investigating the audibility of wind turbines in the presence of vegetation noises. *in* : *Wind turbine noise conference, Lyon, 20-21 septembre*. New Brighton, UK : Institut européen d'ingénierie acoustique (Ince-Europe)
- [Bonin2005] - **Bonin, S.** (2005). Au-delà de la représentation, le paysage. *Strates*, n° 11. Disponible sur : < <http://strates.revues.org/document390.html>>

- [Burckhardt-et-al.1995] - **Burckhardt, L.; Höger, H. & Abriani, A.** (1995). *Lucius Burckhardt: design = unsichtbar*. Ostfildern : Cantz. 239 pages
- [Cadiou1991] - **Cadiou, N.** (1991). Perceptions du paysage dans le Domfrontais et évolution de l'espace rural. *Etudes Rurales*. vol. 121-124. p. 127-139. Numéro consacré à "De l'agricole au paysage"
- [Caille-Cattin2003] - **Caille-Cattin, C.** (2003). Représentations paysagères: quelles perspectives pour l'aménagement?. in : *6ème Rencontres de Théo Quant, 20 et 21 février*. Besançon : ThéMA UMR 6049 CNRS - Université de Franche-Comté. 7 p.
- [Calderon-et-al.2006] - **Calderon, C.; Nyman, K. & Worley, N.** (2006). The Architectural Cinematographer: Creating Architectural Experiences in 3D Real-time Environments. *International journal of architectural computing*. vol. 4, n° 4. p. 71-90
- [Carles-et-al.1999] - **Carles, J. L.; Barrio, I. L. & de Lucio, J. V.** (1999). Sound influence on landscape values. *Landscape and Urban Planning*. vol. 43, n° 4. p. 191-200.
- [Castiglioni-et-al.2004] - **Castiglioni, B. & Viviana, F.** (2004). Where does grandmother live? An experience through the landscape of urban sprawl in Veneto (Italy). in : *De la connaissance des paysages à l'action paysagère, Colloque international, Bordeaux, France, 2-4 décembre*. Paris : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable ; Cemagref. 20 p.
- [Chetelat2005] - **Chételat, J.** (2005). Le rôle des technologies de l'information dans l'analyse et la gestion du paysage. in : Droz, Y. & Miéville-Ott, V. (ed.). *La polyphonie du paysage*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes. p. 125-143
- [Chetelat-et-al.2002] - **Chételat, J. & Ley, E.** (2001). Intégration des représentations sociales dans la gestion du paysage jurassien.. *Cybergeo, revue européenne de géographie*, n° 228. 19 p. Disponible sur : < <http://www.cybergeo.presse.fr/paysenvi/chetelat/chetelat02.htm>>
- [Clay-et-al.2000] - **Clay, G. R. & Daniel, T. C.** (2000). Scenic landscape assessment: the effects of land management jurisdiction on public perception of scenic beauty. *Landscape and Urban Planning*. vol. 49, n° 1-2. p. 1-13.
- [Coderchet-et-al.2004] - **Coderchet, L. & Ormaux, S.** (2004). Du vécu à la carte. Le paysage comme outil de planification urbaine décentralisée. in : *De la connaissance des paysages à l'action paysagère, Colloque international, Bordeaux, France, 2-4 décembre*. Paris : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable ; Cemagref
- [Coeterier1996] - **Coeterier, J. F.** (1996). Dominant attributes in the perception and evaluation of the Dutch landscape. *Landscape and Urban Planning*. vol. 34, n° 1. p. 27-44.
- [Colson-et-al.1996] - **Colson, F.; Almandoz, I. & Stenger, A.** (1996). Participation des agriculteurs à l'amélioration du paysage résultat d'une enquête auprès d'agriculteurs en Loire-Atlantique. *Le Courrier de l'environnement*, n° 28. 8 p.
- [Danahy2001] - **Danahy, J. W.** (2001). Technology for dynamic viewing and peripheral vision in landscape visualization. *Landscape and Urban Planning*. vol. 54, n° 1-4. p. 127-138.
- [Daniel-et-al.1983] - **Daniel, T.C. & Vining, J.** (1983). Methodological issues in the assessment of landscape quality. in : Altam, I., W. J. (ed.). *Human behavior and environment*. New York : Plenum Press. p. 39-84
- [Daniel2000] - **Daniel, J.** (2000). *Représentation de champs acoustiques, application à la transmission et à la restitution de scènes sonores complexes dans un contexte multimédia*. Thèse de doctorat. Université Paris 6. 361 pages
- [Daniel2001] - **Daniel, T. C.** (2001). Whither scenic beauty? Visual landscape quality assessment in the 21st century. *Landscape and Urban Planning*. vol. 54, n° 1-4. p. 267-281.
- [Daniel2001a] - **Daniel, T. C.** (2001). Aesthetic preference and ecological sustainability.. in : Sheppard, S. & Harshaw, H. (ed.). *Forests and landscapes. Linking ecology, sustainability and aesthetics*.. New York : CABI Publishing. p. 15-29

- 
- [Darken-et-al.1996] - **Darken, R. P. & Sibert, J. L.** (1996). Wayfinding strategies and behaviors in large virtual worlds. in : *CHI'96 : Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: common ground, Vancouver, British Columbia, Canada, 13-18 april*. New York : ACM Press. p. 142-149
- [Darken-et-al.1996a] - **Darken, R. & Sibert, J.** (1996). Navigating large virtual spaces. *International Journal of Human-Computer Interaction*. vol. 8, n° 1. p. 49-71
- [Darken-et-al.1997] - **Darken, R.; Cockayne, W. & D., C.** (1997). The omni-directional treadmill: a locomotion device for virtual worlds. in : *Proceedings of User interface software and technology, Banff, Canada, 14-17 octobre*. New-York : ACM Press. p. 213-221
- [DDE-et-al.2002] - **DDE Finistère; EDF & ADEME** (2002). *La charte départementale des éoliennes du Finistère* La Direction Départementale de l'Équipement du Finistère, l'ADEME et EDF. Rapport d'étude
- [DeLajartre2004] - **De Lajartre, A.** (2004). Les règles juridiques d'implantation des éoliennes. in : Germain, P. (ed.). *Eoliennes, quels impacts environnementaux ? - Actes du colloque - Angers - 23 mai 2003*. Paris : Editions L'Harmattan. p. 27-51
- [Delorme-et-al.2003a] - **Delorme, A. & Flückiger, M.** (ed.). *Perception et réalité. Une introduction à la psychologie des perceptions*. Bruxelles : De Boeck Université. 516 pages (Neurosciences et Cognition)
- [Delorme-et-al.2003b] - **Delorme, A. & Flückiger, M.** (2003). La problématique et les courants théoriques. in : Delorme, A. & Flückiger, M. (ed.). *Perception et réalité. Une introduction à la psychologie des perceptions*. Bruxelles : Editions De Boeck Université. p. 19-40
- [Delorme2003] - **Delorme, A.** (2003). La perception du mouvement et des événements. in : Delorme, A. & Flückiger, M. (ed.). *Perception et réalité. Une introduction à la psychologie des perceptions*. Bruxelles : Editions De Boeck Université. p. 329-350
- [DIREN-Bretagne2003] - **DIREN-Bretagne** (2003). *L'implantation des éoliennes en Bretagne: étude préalable* Préfecture de la région Bretagne et DIREN Bretagne. Rapport d'étude
- [Dollner-et-al.2005] - **Döllner, J.; Baumann, K.; Buchholz, H. & Paar, P.** (2005). Real-time virtual landscapes in landscape and urban planning. in : *GIS Planet 2005 : 2nd International Conference and Exhibition on Geographic Information, Lisbonne, may 30 - jun 30*. Instituto Geografico Portugues
- [Domon-et-al.2004] - **Domon, G.; Froment, J.; Tremblay, F.; Ruiz, J. & Bélanger, L.** (2004). *Le paysage comme composante incontournable de la gestion intégrée des ressources et des territoires: Problématiques, enjeux et méthodes de prise en compte*. Montréal : Université de Montréal. 182 pages. Rapport de recherche. Rapport préparé pour la Commission d'Étude sur la gestion de la Forêt publique québécoise
- [Donadieu-et-al.2004] - **Donadieu, P.; Bouraoui, M. & Dumont-Fillon, N.** (2004). Le projet des paysagistes est-il un outil de régulation des paysages pour les pouvoirs publics. in : *De la connaissance des paysages à l'action paysagère, Colloque international, Bordeaux, France, 2-4 décembre*. Paris : Ministère de l'Écologie et du Développement Durable ; Cemagref
- [Dourgnon1974] - **Dourgnon, J.** (1974). Quel sens donner au mot "Ambiance"? *LUX*, n° 80. p. 382-383
- [Dramstad-et-al.2006] - **Dramstad, W.; Tveit, M. S.; Fjellstad, W. & Fry, G.** (2006). Relationships between visual landscape preferences and map-based indicators of landscape structure. *Landscape and Urban Planning*. vol. 78, n° 4. p. 465-474.
- [Droz-et-al.2005] - **Droz, Y. & Mieville-Ott, V.** (ed.). *La polyphonie du paysage*. Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. 225 pages
- [Droz-et-al.2005a] - **Droz, Y. & Mieville-Ott, V.** (2005). Le paysage de l'anthropologue. in : Droz, Y. & Mieville-Ott, V. (s. l. d. d. (ed.)). *La polyphonie du paysage*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes. p. 5-20

[Dubost1991] - **Dubost, F.** (1991). La problématique du paysage, état des lieux. *Etudes Rurales*. vol. 121-124. p. 219-234. Numéro consacré à "De l'agricole au paysage"

[Durand2005] - **Durand, H.** (2005). *Introduction à la représentation numérique des paysages, typologies, méthodes et outils*. Nîmes : Atelier SIG-LR Paysage et informatique. . 75. Disponible sur : <[http://www.siglr.org/Local/siglr/dir/docsgeneraux/ateliers\\_techniques/intro\\_paysage%20et%203D.pdf](http://www.siglr.org/Local/siglr/dir/docsgeneraux/ateliers_techniques/intro_paysage%20et%203D.pdf) (consulté le 9 mars 2006)>

[Durand2005a] - **Durand, H.** (2005). *Paysage, éolienne et représentation numérique*. Nîmes : Atelier SIG-LR Paysage et informatique. . 15. Disponible sur : <[http://www.siglr.org/Local/siglr/dir/docsgeneraux/ateliers\\_techniques/eolien\\_atelier\\_siglr2.pdf](http://www.siglr.org/Local/siglr/dir/docsgeneraux/ateliers_techniques/eolien_atelier_siglr2.pdf) (consulté le 9 mars 2006)>

[EDAW2001] - **EDAW** (2001). *Portland Wind Energy Project: Landscape and visual impact assessment* ADAW. Rapport de recherche

[Ek2005] - **Ek, K.** (2005). Public and private attitudes towards "green" electricity: the case of Swedish wind power. *Energy Policy*. vol. 33, n° 13. p. 1677-1689.

[Fernandez-et-al.2004] - **Fernandez Muñoz, S. & Mato Olmo, R.** (2004). The incorporation of public participation processes to three projects of landscape planning in the region de Murcia (Spain). *in : De la connaissance des paysages à l'action paysagère, Colloque international, Bordeaux, France, 2-4 décembre*. Paris : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable ; Cemagref. 14 p.

[Fischer1987] - **Fischer, G.** (1987). *Les concepts fondamentaux de la psychologie sociale*. Montréal, Paris : Presses de l'université de Montréal ; Dunod. 118 pages

[Fortin2004] - **Fortin, M.** (2004). Le paysage, cadre d'évaluation pour une société réflexive. *in : De la connaissance des paysages à l'action paysagère, Colloque international, Bordeaux, France, 2-4 décembre*. Paris : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable ; Cemagref. 11 p.

[Fuchs-et-al.1999] - **Fuchs, P.; Nashashibi, F. & Lourdeaux, D.** (1999). A theoretical approach of the design and evaluation of a virtual reality device.. *in : Colloque scientifique internationale Réalité Virtuelle et Prototypage, 3-4 juin 1999, Laval, France*. Laval (France) : Groupe de travail réalité virtuelle. Journées de travail n°7. p. 11-22

[Fuchs-et-al.2003] - **Fuchs, P. (d. p. & Moreau, G. (c. p. (ed.).** *Le traité de la réalité virtuelle*. 2e éd.. Paris : Les presses de l'Ecole des Mines de Paris. (Tome 1) - 499 pages et (Tome2) – 329 pages

[Fuchs-et-al.2003a] - **Fuchs, P.; Arnaldi, B. & J., Tisseau** (2003). La réalité virtuelle et ses applications. *in : Fuchs, P. & Moreau, G. (ed.). Le traité de la réalité virtuelle*. Paris : Les Presses de l'Ecole des Mines de Paris. p. 3-51

[Fuchs-et-al.2003b] - **Fuchs, P. & Bukhardt, J.-M.** (2003). Approche théorique et pragmatique de la réalité virtuelle. *in : Fuchs, P. & Moreau, G. (ed.). Le traité de la réalité virtuelle*. 3° éd. volume 2. Paris : Les Presses de l'Ecole des Mines de Paris. p. 53-104

[Fuchs-et-al.2003e] - **Fuchs, P. & Stergiopoulos, P.** (2003). Les interfaces manuelles sensori-motrices, interfaces à retour d'effort. *in : Fuchs, P. & Moreau, G. (ed.). Le traité de la réalité virtuelle*. Paris : Les Presses de l'Ecole des Mines de Paris. p. 267-310

[Fuchs2003c] - **Fuchs, P.** (2003). Les interfaces sensorielles. *in : Fuchs, P. & Moreau, G. (ed.). Le traité de la réalité virtuelle*. Paris : Les Presses de l'Ecole des Mines de Paris. p. 311-427

[Fuchs2003d] - **Fuchs, P.** (2003). Les interfaces motrices. *in : Fuchs, P. & Moreau, G. (ed.). Le traité de la réalité virtuelle*. Paris : Les Presses de l'Ecole des Mines de Paris. p. 183-264

[Fujisaki-et-al.2007] - **Fujisaki, I.; Mohammadi-Aragh, M. J.; Evans, D. L.; Moorhead, R. J.; Irby, D. W.; Roberts, S. D.; Grado, S. C. & Schultz, E. B.** (2007). Comparing forest assessment based on computer visualization versus videography. *Landscape and Urban Planning*. vol. 81, n° 1-2. p. 146-154.

[Furse2002] - **Furse, J.** (2002). Stealth wind turbines : Designs and technologies to reduce visual

---

pollution. *Refocus*. vol. 3, n° 2. p. 18-20.

[Gamba2005a] - **Gamba, R.** (2005). Maîtrise du bruit des éoliennes. *in : Actes des 4es assises de la qualité de l'environnement sonore, Avignon, 18-20 janvier*. Centre d'information et de documentation sur le bruit. p. 107-109. Numéro spécial de la revue *Echo bruit* n° 111 septembre 2005.

[Gamboa-et-al.2007] - **Gamboa, G. & Munda, G.** (2007). The problem of windfarm location: A social multi-criteria evaluation framework. *Energy Policy*. vol. 35, n° 3. p. 1564 -1583.

[Ge-et-al.2005] - **Ge, J. & Hokao, K.** (2005). Applying the methods of image evaluation and spatial analysis to study the sound environment of urban street areas. *Journal of Environmental Psychology*. vol. 25, n° 4. p. 455-466.

[Gee2005] - **Gee, J. P.** (2005). *An introduction to discourse analysis: Theory and method*. 2° éd.. New York : Routledge. 224 pages

[Germain2003] - **Germain, P.** (ed.). *Eoliennes, quels impacts environnementaux ? Actes du colloque - Angers - 23 mai 2003*. Paris : L'Harmattan. 229 pages

[Gestin1991] - **Gestin, F.** (1991). La vallée de Saint-Rivoal : un paysage au gré des Hommes. *Etudes Rurales*. vol. 121-124. p. 73-89. Numéro consacré à "De l'agricole au paysage"

[Ghiglione-et-al.1998] - **Ghiglione, R.; Landré, A.; Bromberg, M. & Molette, P.** (1998). *L'analyse automatique des contenus*. Paris : Dunod. 154 pages

[Gibson1986] - **Gibson, J.** (1986). *The ecological approach to visual perception*. New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates. 311 pages

[Gimblett-et-al.2001] - **Gimblett, R.; Daniel, T.; Cherry, S. & Meitner, M. J.** (2001). The simulation and visualization of complex human-environment interactions. *Landscape and Urban Planning*. vol. 54, n° 1-4. p. 63-79.

[Gipe2001] - **Gipe, P.** (2001). Design as if people matter: aesthetic guidelines for a wind power future. *in : Pasqualetti, M.; Gipe, P. & Richter, R. (ed.). Wind power in view*. San Diego : Academic Press. p. 173-214

[Grislelin-et-al.2003] - **Grislelin, M. & Nageleisen, S.** (2003). « Quantifier » le paysage au long d'un itinéraire à partir d'un échantillonnage photographique au sol. *in : 6ème Rencontres de Théo Quant, 20 et 21 février*. Besançon : ThéMA UMR 6049 CNRS - Université de Franche-Comté. 11p.

[Gueorguieva-Faye2006] - **Gueorguieva-Faye, D.** (2007). *Enjeux autour de l'énergie électrique éolienne en Ardèche. La construction sociale du plateau de Saint-Agrève*. Thèse de doct. Muséum national d'histoire naturelle. 464 pages. Disponible sur : <  
<http://developpementdurable.revues.org/document2705.html>>

[Guispelli-et-al.2005] - **Guispelli, E. & Fleury, P.** (2005). Représentations sociales du paysage, négociation locale et outils de débat sur le paysage. *in : Droz, Y. & Mieville-Ott, V. (ed.). La polyphonie du paysage*. Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. p. 179-206

[Harris-et-al.2002] - **Harris, L.; Jenkin, M.; Zikovitz, D.; Redlick, F.; Jaekl, P.; Jasiobedzka, U.; Jenkin, H. & R.S., A.** (2002). Simulating self motion I: cues for the perception of motion. *Virtual Reality*. vol. 6, n° 2. p. 75-85

[Hurtado-et-al.2004] - **Hurtado, J. P.; Fernandez, J.; Parrondo, J. L. & Blanco, E.** (2004). Spanish method of visual impact evaluation in wind farms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. vol. 8, n° 5. p. 483-491.

[Jallouli-et-al.2008] - **Jallouli, J.; Moreau, G. & Salerne, D.** (2008). Free versus constrained motion for assessing wind turbines' impacts on landscape in virtual environments. *in : 18th International Conference on Artificial Reality and Telexistence*. Yokohama : Keio University. pp. 261-264.

[Jallouli-et-al.2008a] - **Jallouli, J.; Moreau, G. & Querrec, R.** (2008). Wind turbines' landscape : using virtual reality for the assessment of multisensory perception in motion. *in : Kruijff, E., (ed.). Proceedings VRST 2008 : ACM symposium on virtual reality software and technology*. Bordeaux, France

Octobre 27-29 2008. New-York : ACM Press. p. 257-258

[Jallouli-et-al.2008b] - **Jallouli, J.; Moreau, G. & Salerne, D.** (2008). Towards a digital landscape experience. in : Moreau, G.; Servières, M.; Uchiyama, H. & Uematsu, Y., (ed.). *1st ECN and Keio Global COE joint workshop 2008. Nantes, France. 23 et 24 octobre 2008.* Yokohama : Keio University. p. 25-33

[Jallouli-et-al.2009] - **Jallouli, J. & Moreau, G.** (2009). An immersive path-based study of wind turbines' landscape: A French case in Plouguin. *Renewable Energy.* vol. 34, n° 3. p. 597-607.

[Jallouli2004] - **Jallouli, J.** (2004). *La réalité virtuelle comme outil de caractérisation des effets solaires dans l'espace urbain.* Mémoire de Master, Université de Nantes, Ecole polytechnique de l'Université de Nantes. 123 pages

[Jallouli2005] - **Jallouli, J.** (2005). Etude de l'impact paysager d'un parc éolien à Plouguin, Finistère. in : Nourry, L. (ed.). *Les parcs d'éoliennes, un objet de recherche de nature hybride.* Rennes : Paris : ENSA de Bretagne; Ministère de la Culture et de la Communication. p. 291-308. Réponse à l'appel d'Offre « Art, Architecture et Paysage »

[Jansen-Osmann-et-al.2002] - **Jansen-Osmann, P. & Berendt, B.** (2002). Investigating distance knowledge using virtual environments. *Environment and behaviour.* vol. 34, n° 22. p. 178-193

[Johansson-et-al.2007] - **Johansson, M. & Thorbjörn, L.** (2007). Intention to respond to local wind turbines: the role of attitudes and visual perception. *Wind Energy.* vol. 10, n° 5. p. 435-451

[Joliveau1994] - **Joliveau, T.** (1994). La gestion paysagère de l'espace rural: questions, concepts, méthodes et outils. *Revue de Géographie de Lyon.* vol. 69, n° 4. p. 10. Numéro de revue consacrée à : "Paysage: le mot et la chose"

[Joliveau1998] - **Joliveau, T.** (1998). *Outils informatiques et gestion du paysage : entre concertation virtuelle et virtualisation déconcertante.* Colloque "Le paysage" Saint-Etienne : Colloque "le paysage". 9p.

[Joliveau2003] - **Joliveau, T.** (2003). Analyse des paysages dans un contexte d'aménagement. L'intérêt des outils géomatiques. in : *Géoévénement, Paris, 4-6 mars.* p. 7

[Joliveau2004] - **Joliveau, T.** (2004). *Géomatique et gestion environnementale du territoire : recherche sur un usage géographique des SIG. Tome 1 : Parcours. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches.* Habilitation à Diriger des Recherches. Université Jean Monnet. 426 pages.

[Joliveau2005] - **Joliveau, T.** (2005). Voir le monde comme il paraît ou les enjeux des visualisations réalistes dans la gestion territoriale. in : *"Paysages & valeurs, de la représentation à la simulation", Colloque pluridisciplinaire international, Limoges, 24-26 novembre.* Faculté des Lettres et Sciences Humaines de Limoges

[Kaeyhko-et-al.2006] - **Käyhkö, N. & Skånes, H.** (2006). Change trajectories and key biotopes-- Assessing landscape dynamics and sustainability. *Landscape and Urban Planning.* vol. 75, n° 3-4. p. 300-321. Disponible sur : < <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V91-4GBD6HC-1/1/fb0a82ea90ec315d285641b49044cbbd>>

[Kaldellis2005] - **Kaldellis, J. K.** (2005). Social attitude towards wind energy applications in Greece. *Energy Policy.* vol. 33, n° 5. p. 595-602. Disponible sur : < <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V2W-49Y9BHG-2/2/a93f9fa850cfa5ae25c24e226ff54c3e>>

[Kawai-et-al.2004] - **Kawaia, K.; Kojimab, T.; Hiratec, K. & Yasuoka, M.** (2004). Personal evaluation structure of environmental sounds: experiments of subjective evaluation using subjects' own terms. *Journal of Sound and Vibration.* vol. 277, n° 3. p. 523-533. Disponible sur : < <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6WM3-4D97GV6-2/1/4d03aa4c8ff1ab19dded09949ae47afe>>

[Kohler-et-al.1929] - **Köhler, W.** (1964). *Psychologie de la forme.* Paris : Gallimard. 383 pages (collection "idées"). traduit de l'anglais / Köhler, W. (1929) *Gestalt Psychology*, New York : Liveright

- 
- [Krause2001] - **Krause, C. L.** (2001). Our visual landscape: Managing the landscape under special consideration of visual aspects. *Landscape and Urban Planning*. vol. 54, n° 1-4. p. 239-254
- [Krohn-et-al.1999] - **Krohn, S. & Damborg, S.** (1999). On public attitudes towards wind power. *Renewable Energy*. vol. 16, n° 1-4. p. 954-960
- [Kwiatkowska2004] - **Kwiatkowska, O.** (2004). To make a dreamscapereale, the role of the environment in new rural polish settlements. in : *De la connaissance des paysages à l'action paysagère, Colloque international, Bordeaux, France, 2-4 décembre*. Paris : Ministère de l'Écologie et du Développement Durable : Cemagref. 9 p.
- [Lacan1999] - **Lacan, J.** (1999). *Ecrits*. nouv. ed.. Vol. 1 et 2. Paris : Ed. du Seuil. 569 pages - 399 pages (Points. Essais ; 5, 1)
- [Ladenburg2008] - **Ladenburg, J.** (2008). Attitudes towards on-land and offshore wind power development in Denmark; choice of development strategy. *Renewable Energy*. vol. 33, n° 1. p. 111-118. Disponible sur : < <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V4S-4NC50FS-1/1/4e70f79d038c1b9bfc85dcb0bf6ca913>>
- [Lajoie-et-al.2003] - **Lajoie, J. & Delorme, A.** (2003). Les modalités sensorielles. in : Delorme, A. & Flückiger, M. (ed.). *Perception et réalité. Une introduction à la psychologie des perceptions*. Bruxelles : Éditions De Boeck Université. p. 71-104
- [Lange-et-al.2005] - **Lange, E. & Bishop, I.D.** (2005). Communication, perception and visualization. in : Bishop, I. D. & Lange, E. (ed.). *Visualization in landscape and environmental planning: technology and applications*. London : Taylor and Francis. p. 3-21
- [Lange2001] - **Lange, E.** (2001). The limits of realism: perceptions of virtual landscapes.. *Landscape and Urban Planning*. vol. 54, n° 1-4. p. 163-182
- [Larcher-et-al.2000] - **Larcher, J.-L. and Gelgon, T.** (2000). *Aménagement des espaces verts urbains et du paysage rural : Histoire - Composition - Eléments construits*. 3<sup>e</sup> éd. Paris : Technique & Documentation. 502 pages
- [Le1996] - **Le Dantec, J.** (1996). **Le Dantec, J.** (ed.). *Jardins et paysages*. Paris : Editions Larousse. 635 pages
- [Lee-et-al.2001] - **Lee, A. W. K. & Kazuhisa, I.** (2001). Moving Architecture and Transiting Landscape, Interactive Rendering System for Animated Assessment. in : de Vries, B.; van Leeuwen, J. & Achten, H., (ed.). *Proceedings of the Ninth International Conference of Computer Aided Architectural Design Futures, Eindhoven, the Netherlands, on July 8-11, 2001*. Dordrecht : The Eindhoven University of Technology, Eindhoven Kluwer Academic Publishers. 14 p.
- [LeFloch-et-al.2004] - **Le Floch, S. & Devanne, A.** (2004). La "fermeture du paysage": au-delà de l'esthétique, les enjeux d'un espace ouvert rural. in : *De la connaissance des paysages à l'action paysagère, Colloque international, Bordeaux, France, 2-4 décembre*. Paris : Ministère de l'Écologie et du Développement Durable ; Cemagref. 12 p.
- [Lejeune2004] - **Lejeune, C.** (2004). Représentations des réseaux de mots associés. in : *JADT 2004: septièmes journées internationales d'Analyse statistique des Données Textuelles, Louvain-la-Neuve, Belgique, 10-12 mars*. Louvain-La-Neuve : Université Catholique de Louvain Presses Universitaires de Louvain. p. 726-736
- [Levy2001] - **Levy, E.** (2001). Saisir l'accessibilité : les trajets voyageurs à la gare du Nord. in : Grosjean, M. & Thibaud, J. (ed.). *L'espace urbain en méthodes*. Marseille : Editions parenthèses. p. 47-62
- [Lim-et-al.2006] - **Lim, E.; Honjo, T. & Umeki, K.** (2006). The validity of VRML images as a stimulus for landscape assessment. *Landscape and Urban Planning*. vol. 77, n° 1-2. p. 80-93.
- [Linton1968] - **Linton, D. L.** (1968). The assessment of scenery as a natural resource. *Scottish Geographical Magazine*. vol. 84, n° 3. p. 219-238
- [Loiteron-et-al.2005] - **Loiteron, D. & Bishop, I. D.** (2005). Simulating visitor movement:

autonomous agents in urban public gardens. in : *CUPUM 05: Computers in Urban Planning and Urban Management, Londres, 29 June – 1 July*. Centre for Advanced Spatial Analysis. 14 p.

[Loiterton-et-al.2008] - **Loiterton, D. & Bishop, I. D.** (2008). Simulation, calibration and validation of recreational agents in an urban park environment. in : Gimblett, R.; Skov-Petersen, H. & Muhar, A. (ed.). *Monitoring, Simulation and Management of Visitor Landscapes*. Tuscon AZ : University of Arizona Press. p. 107-122

[Loring2007] - **Loring, J. M.** (2007). Wind energy planning in England, Wales and Denmark: Factors influencing project success. *Energy Policy*, n° 35. p. 2648-2660. Disponible sur : <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V2W-4MC0TMX-3/2/b727ef37f6afc2449a2bd3c4dba8b5fd>>

[Lovett05] - **Lovett, A.** (2005). Visualizing and evaluating sustainable agricultural landscapes. In : Bishop, I. & Lange, E. (ed.). *Visualization in landscape and environmental planning: technology and applications*. Londres : Taylor and Francis. p. 136-144

[Luginbuhl1989] - **Luginbuhl, Y.** (1989). Au-delà des clichés, la photographie au service de l'analyse. *Strates*. vol. 4. p. 11-16

[Luginbuhl1991] - **Luginbuhl, Y.** (1991). Le paysage rural : la couleur de l'agricole, la saveur de l'agricole, mais que reste-il de l'agricole ? *Etudes Rurales*. vol. n°121-124. p. 27-44. Numéro consacré à "De l'agricole au paysage"

[Lynch1971] - **Lynch, K.** (1971). *L'image de la cité*. Paris : Dunod. 222 pages

[Lynch1982] - **Lynch, K.** (1982). *Voir et planifier. L'aménagement qualitatif de l'espace*. Paris : Dunod. 215 pages

[Lynch1992] - **Lynch, J. A.** (1992). Perceptual values in the cultural landscape: a spatial model for assessing and mapping perceived mystery in rural environments. *Journal of Computers, Environment and Urban Systems*. vol. 16, n° 5. p. 453-471

[Lyrette-et-al.2004] - **Lyrette, E. & Trépanier, M.** (2004). Les dynamiques sociales engendrées par l'implantation du parc éolien le Nordais. *Vertigo - la revue en sciences de l'environnement sur le Web*. vol. 5, n° 1. Disponible sur : <[http://www.vertigo.uqam.ca/vol5no1/art2vol5no1/vertigovol5no1\\_lyrette.pdf](http://www.vertigo.uqam.ca/vol5no1/art2vol5no1/vertigovol5no1_lyrette.pdf)>

[Macaulay-Institute2007] - (2007). Review of Existing Methods of Landscape Assessment and Evaluation in : *Cumulative Impact of wind turbines : Task 2 : Landscape: evaluation, designation and public perception*. Aberdeen, UK : Macaulay-Institute. Disponible sur : <<http://www.macaulay.ac.uk/ccw/task-two/evaluate.html>>

[Macaulay-Institute2007a] - (2007). Issues of preference and judgement: Expert judgement versus public preference in : *Cumulative Impact of wind turbines : Task 2 : Landscape: evaluation, designation and public perception*. Aberdeen, UK : Macaulay-Institute. Disponible sur : <<http://www.macaulay.ac.uk/ccw/task-two/preference.html>>

[Macaulay-Institute2007b] - (2007). Perceptual studies fo Windfarm. in : *Cumulative Impact of wind turbines : Task 2 : Landscape: evaluation, designation and public perception*. Aberdeen : Macaulay-Institute. Disponible sur : <<http://www.macaulay.ac.uk/ccw/task-two/strategies.html>>

[Macaulay-Institute2007c] - (2007). Cumulative Impact of wind turbines. in : *Cumulative Impact of wind turbines : Task 2 : Landscape: evaluation, designation and public perception*. Aberdeen, UK : Macaulay-Institute. Disponible sur : <<http://www.macaulay.ac.uk/ccw/index.html>>

[Marangon-et-al.2004] - **Marangon, F. & Visintin, F.** (2004). Rural Landscape valuation in a cross-boarder region. in : *De la connaissance des paysages à l'action paysagère, Colloque international, Bordeaux, France, 2-4 décembre*. Paris : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable ; Cemagref. p. 12

[MEDD-et-al.2003] - **Ministère de l'Ecologie et du Développement durable** (2003). NOR : DEVD0320347C : Circulaire du 10 septembre 2003 relative à la promotion de l'énergie éolienne terrestre

---

(non paru au journal officiel). *Bulletin Officiel du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable*, n° 3/22. p. 4p. Disponible sur : < <http://www.ecologie.gouv.fr/Bulletin-officiel-No-22-du-30,1864.html>>

[Merleau-Ponty1976] - **Merleau-Ponty, M.** (1976). *Phénoménologie de la perception*. Paris : Gallimard. 531 pages (Collection Tel, 4). Ce livre a paru dans la bibliothèque des idées de Gallimard en 1945

[Michelin1998] - **Michelin, Y.** (1998). Des appareils photo jetables au service d'un projet de développement: représentations paysagères et stratégies des acteurs locaux de la montagne thiernoise. *Cybergeog, Revue européenne de géographie*, n° 65. Disponible sur : < <http://www.cybergeog.presse.fr/geocult/texte/michelin.htm>>

[Michelin2000] - **Michelin, Y.** (2000). Le bloc-diagramme : une clé de compréhension des représentations du paysage chez les agriculteurs? Mise au point d'une méthode d'enquête préalable à une gestion concertée du paysage en Artense(Massif central français). *Cybergeog, revue européenne de géographie*, n° 118. Disponible sur : < <http://www.cybergeog.presse.fr/paysenvi/texte/michelin.htm>>

[Michelin2005] - **Michelin, Y.** (2005). Le paysage dans un projet de territoire : quelques pistes pour une démarche de médiation paysagère. in : Droz, Y. & Mieville-Ott, V. (ed.). *La polyphonie du paysage*. Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. p. 143-177

[Mohammed-Ahmed-et-al.2007] - **Mohammed-Ahmed, A. & Côté, P.** (2007). Impact of exploration mode on spatial knowledge acquisition in non-immersive 3D virtual environments. in : De Paoli, G.; Zreik, K. & Beheshi, R., (ed.). *Digital Thinking in architecture, civil engineering, archaeology, urban planning and design : finding the ways : Proceedings of EuropIA'11*. Montréal : Europia productions. p. 265-277

[Moles-et-al.1998] - **Moles, A. et Rohmer, E.** (1998). *La psychosociologie de l'espace*. Paris : L'Harmattan. 158 pages (collection Villes et entreprises)

[Moles1966] - **Moles, A.** (1966). *Information Theory and Aesthetic Perception*. Urbana : University of Illinois Press. 217 pages

[Moles1995] - **Moles, A.** (1995). *Les sciences de l'imprécis*. Paris : Seuil. 360 pages

[Molines2003] - **Molines, N.** (2003). *Méthodes et outils pour la planification des grandes infrastructures linéaires et leur évaluation environnementale*. Thèse de doctorat. Université Jean Monnet. 457 pages

[Moller2006] - **Moller, B.** (2006). Changing wind-power landscapes: regional assessment of visual impact on land use and population in Northern Jutland, Denmark. *Applied Energy*. vol. 83, n° 5. p. 477-494. Disponible sur : < <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V1T-4GFNGBY-1/2/09aac7b09622cadf6a1739d3e1e23c3f>>

[Mondada2001] - **Mondada, L.** (2001). L'entretien comme événement interactionnel. in : Grosjean, M. & Thibaud, J. (ed.). *L'espace urbain en méthodes*. Marseille : Editions parenthèses. p. 197-214

[Morin1986] - **Morin, E.** (1986). *La méthode : la connaissance de la connaissance (Tome 3)*. Paris : Editions Le Seuil. 246 pages (Collection Essais Points)

[Neau2004] - **Neau, P.** (2004). Etude d'impact des parc éoliens. in : Germain, P. (ed.). *Eoliennes, quels impacts environnementaux ? - Actes du colloque - Angers - 23 mai 2003*. Paris : Editions L'Harmattan. p. 123-130

[Newcastle2002] - **University of Newcastle** (2002). *Visual Assessment of Windfarms: Best Practice*. Inverness : Scottish Natural Heritage. Rapport de recherche.

[Nii-et-al.2003a] - **Nii, Y.; Matsumiya, H. & Kogaki, T.** (2003). Acoustic performances of a vertical board for wind turbine noise immission measurements. *Acoustic Science and Technology*. vol. 24, n° 2. p. 83-89. Disponible sur : < [http://www.jstage.jst.go.jp/article/ast/24/2/24\\_83/\\_article/-char/en](http://www.jstage.jst.go.jp/article/ast/24/2/24_83/_article/-char/en)>

[Nii2003] - **Nii, Y.** (2003). Effects of splitting a ground board on wind turbine noise measurements. *Acoustic Science and Technology*. vol. 24, n° 2. 3 p.

[Oh1994] - **Oh, K.** (1994). A perceptual evaluation of computer-based landscape simulations. *Landscape and Urban Planning*. vol. 28, n° 2-3. p. 201--216. Disponible sur : <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V91-4666B93-1Y/2/6b69067abcdeba06b39639c44107d7fc>>

[Oliveira-et-al.2004] - **Oliveira, R. & Dneboska, M.** (2004). From the landscape perception until public participation: how long is the way?. in : *De la connaissance des paysages à l'action paysagère, Colloque international, Bordeaux, France, 2-4 décembre*. Paris : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable ; Cemagref. 14 p.

[Ormaux2005] - **Ormaux, S.** (2005). Le paysage, entre l'idéal et le matériel. in : Droz, Y. & Miéville-Ott, V. (ed.). *La polyphonie du paysage*. Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. p. 71-100

[Papin-et-al.2003] - **Papin, J.-P. & Fuchs, P.** (2003). Les sens et les réponses motrices de l'homme. in : Fuchs, P. & Moreau, G. (ed.). *Le traité de la réalité virtuelle*. Paris : Les Presses de l'Ecole des Mines de Paris. p. 123-180

[Paris2004] - **Paris, A.** (2004). *Finalisation de l'outil "Evaluations de Paysages Interactives" (EPI) version 3. Application à la valorisation des espaces visibles depuis le Train Jaune (Languedoc-Roussillon)* Atelier Technique des Espaces Naturels (ATEN) ; Agence Méditerranéenne de l'Environnement (AME) ; Laboratoire d'étude des Interactions Sol-Agrosystème-Hydrosystème (UMR LISAH). 108 pages. Rapport de recherche

[Parlement-Europeen-et-al.2001] - **Parlement Européen & Conseil de l'Union Européenne** (2001). Directive 2001/77/CE du Parlement européen et du Conseil du 27 septembre 2001, relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables sur le marché intérieur de l'électricité. *Journal Officiel des Communautés Européennes*. vol. L 283, n° du 27 octobre 2001. p. 33-40. Disponible sur : <[http://mineco.fgov.be/energy/renewable\\_energy/directive\\_2001\\_77\\_fr.pdf](http://mineco.fgov.be/energy/renewable_energy/directive_2001_77_fr.pdf)>

[Pasqualetti-et-al.2002] - **Pasqualetti, M. J.; Gipe, P. & Righter, R. W.** (ed.). *Wind power in view : energy landscapes in a crowded world*. San Diego : Academic Press. 234 pages (Academic Press Sustainable World Series)

[Passini1984] - **Passini, R.** (1984). *Wayfinding in Architecture*. New York : Van Nostrand Reinhold Company. 230 pages

[Pedersen-et-al.2006] - **Pedersen, E. & Persson Waye, K.** (2006). Exploring perception and annoyance due to wind turbine noise in dissimilar living environments. in : *Euronoise 2006, Tampere, Finlande, 30 Mai - 1 juin*. EAA, Acoustic Society of Finland and VTT. 6 p.

[Pedersen-et-al.2008] - **Pedersen, E. & Larsman, P.** (2008). The impact of visual factors on noise annoyance among people living in the vicinity of wind turbines. *Journal of Environmental Psychology*. vol. 28 n°4. p 379-389

[Petiteau-et-al.2001] - **Petiteau, J.-Y. & Pasquier, E.** (2001). La méthode des itinéraires: récits et parcours. in : Grosjean, M. & Thibaud, J. (ed.). *L'espace urbain en méthodes*. Marseille : Editions Parenthèses. p. 63-77

[Pheasant-et-al.2006] - **Pheasant, R.; Barrett, B.; Horoshenkov, K. & Watts, G.** (2006). The importance of visual and acoustic factors in determining tranquillity for use in landscape management and planning. in : Eberhardsteiner, J. & Mang, H. A. andWaubke, H., (ed.). *Proceedings of the Thirteenth International Congress on Sound and Vibration (ICSV13), 2-6 Juillet, Vienne, Autriche*. Vienna University of Technology

[Piombini2006] - **Piombini, A.** (2006). *Modélisation des choix d'itinéraires pédestres en milieu urbain: Approche géographique et paysagère*. Thèse de doctorat. Université de Franche-Comté

[Planchais2004] - **Planchais, L.** (2004). La mise en situation des éoliennes dans le paysage. in : Germain, P., (ed.). *Eoliennes, quels impacts environnementaux ? - Actes du colloque - Angers - 23 mai 2003*. Paris : Editions L'Harmattan. p. 97-109

---

[Reiter-et-al.2004] - **Reiter, S. & De Herde, A.** (2004). *L' éclairage naturel des bâtiments*. Louvain-la-Neuve : Presses universitaires de Louvain. 265 pages

[RF1993] - **République Française** (1993). Loi n° 93-24 du 8 janvier 1993 sur la protection et la mise en valeur des paysages et modifiant certaines dispositions législatives en matière d'enquêtes publiques. *Journal Officiel*, n° 7 du 9 janvier 1993. p. 503

[RF2002] - **République Française** (2002). Loi 110-1 du Code de l'environnement modifié par la Loi n°2002-276 du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité (article 132). *Journal Officiel*, n° 50 du 28 février 2002. p. 3821

[RF2003] - **République Française** (2003). Article 59 de la Loi n°2003-8 du 3 janvier 2003 relative aux marchés du gaz et de l'électricité et au service public de l'énergie abrogé par l'article 98 de la Loi n°2003-590 du 2 juillet 2003 urbanisme et habitat. *Journal Officiel*, n° 3 du 4 janvier 2003. p. 265

[RF2003a] - **République Française** (2003). Article L421-1-1 créé par l'article 98 de la Loi n°2003-590 du 2 juillet 2003 urbanisme et habitat. *Journal Officiel*, n° 152 du 3 juillet 2003. p. 11176

[RF2005] - **République Française** (2005). Article 37 de la loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique. *Journal Officiel*, n° 163 du 14 juillet 2005.

[RF2005a] - **République Française** (2005). Articles L. 553-2, R. 122-5, R. 122-8 et R. 122-9 du code de l'environnement modifiés par la Loi n°2005-781 du 13 juillet 2005. *Journal Officiel*, n° 163 du 14 juillet 2005. p. 11570

[RF2006] - **République Française** (2006). Décret n° 2006-1099 du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage et modifiant le code de la santé publique (dispositions réglementaires). *Journal Officiel*, n° 202 du 1 septembre 2006. p. 13042

[Rheingold1991] - **Rheingold, H.** (1991). *Virtual Reality*. New York : Summit Books. 384 pages

[Robert-et-al.2002] - **Robert, A. & Bouillaguet, A.** (2002). *Analyse de contenu*. 2° éd. Paris : PUF. 128 pages (Collection "Que sais-je?")

[Roger1994] - **Roger, A.** (1994). Histoire d'une passion théorique ou : comment on devient un Raboliot du Paysage. in : Berque, A. (ed.). *Cinq propositions pour une théorie du paysage*. Seyssel : Éditions Champ Vallon. p. 438-451

[Roulier1999] - **Roulier, F.** (1999). Pour une géographie des milieux sonores. *Cybergeo*, n° Environnement, Nature, Paysage, article 71. Disponible sur : < <http://www.cybergeo.eu/index5034.html>>. Frédéric Roulier, « Pour une géographie des milieux sonores », *Cybergeo*, Environnement, Nature, Paysage, article 71, mis en ligne le 21 janvier 1999, modifié le 25 avril 2007. URL : <http://www.cybergeo.eu/index5034.html>. Consulté le 15 décembre 2007.

[Saby2007] - **Saby, L.** (2007). *Vers une amélioration de l'accessibilité urbaine pour les sourds et malentendants: quelles situations de handicap résoudre et sur quelles spécificités perceptives s'appuyer?*. Thèse de doct. Institut National des Sciences Appliquées. 357 pages

[Sacks1992] - **Sacks, H.** (1992). **G., J.** (ed.). *Lectures on conversation*. Oxford : Blackwell Publishing. 1520 pages

[Salazar1996] - **Salazar Ferrer, O.** (1996). *Le temps, la perception, l'espace, la mémoire*. Paris : Ellipses. 61 pages

[Salroev2004] - **Salröv Herlin, I.** (2004). Communication-tools in integrated landscape management and stakeholder participation - Evaluating experiences from formulating the making of new management plans for AONBs in England. in : *De la connaissance des paysages à l'action paysagère, Colloque international, Bordeaux, France, 2-4 décembre*. Paris : Ministère de l'Écologie et du Développement Durable ; Cemagref. 17 p.

[Senat-et-al.2005] - **Sénat, C.; Garrigues, S. & Gamba, R.** (2005). Calculate noise of wind farms. in : *First international meeting on wind turbines noise: Perspectives for Control proceedings, Berlin, October 17-18, 2005*. New Brighton, UK : INCE/Europe

- [Sgard1991] - **Sgard, J.** (1991). Quelques aspects de la gestion paysagère de l'espace rural. *Etudes Rurales*. vol. 121-124. p. 207-212. Numéro consacré à "De l'agricole au paysage"
- [Stanton1995] - **Stanton, C.** (1995). *Landscape strategy and assessment guidance for wind energy development within Caithness and Sutherland*. Inverness : Scottish Natural Heritage. 71 pages. Rapport de recherche. (Contract n° 1995-NW27)
- [Stock-et-al.2006] - **Stock, C. & Bishop, I. D.** (2006). Linking GIS with real-time visualisation for exploration of landscape changes in rural community workshops. *Virtual Reality*. vol. 9, n° 4. p. 260-270.
- [Straus1989] - **Straus, S.** (1989). *Du sens des sens - Contribution à l'étude des fondements de la psychologie*. Grenoble : Editions Jérôme Million. 478 pages
- [Sutter1991] - **Sutter, G.** (1991). Paysagismes. *Etudes Rurales*. vol. n°121-124. p. 15-20. Numéro consacré à "De l'agricole au paysage"
- [Tahrani-et-al.2008] - **Tahrani, S. & Moreau, G.** (2008). Integration of immersive walking to analyze urban daylight ambiences. *Journal of Urban Design*. vol. 13, n° 1. p. 99-123
- [Tahrani2006] - **Tahrani, S.** (2006). *Vers un outil de réalité virtuelle pour l'analyse et la communication des ambiances lumineuses dans le projet urbain*. Thèse de doctorat. Ecole Polytechnique de l'Université de Nantes. 300 pages
- [Thayer-et-al.1987] - **Thayer, R. L. & Freeman, C. M.** (1987). Altamont: public perception of a wind energy landscape. *Landscape and Urban Planning*. vol. 14. p. 379-398
- [Thibaud-et-al.1998] - **Thibaud, J. & Tixier, N.** (1998). L'ordinaire du regard. *Le cabinet d'amateur*, n° 7-8. p. 51-57
- [Thibaud2008] - **Thibaud, J.** (2008). Je-tu-il, la marche aux trois personnes. *Revue "Urbanisme"*. Dossier: "marcher", n° 359. p. 63-68
- [Thibaut2001] - **Thibaud, J.-P.** (2001). La méthode des parcours commentés. in : Grosjean, M. & Thibaud, J. (ed.). *L'espace urbain en méthodes*. Marseille : Editions Parenthèses. p. 79-99
- [Thøgersen-et-al.2003] - **Thøgersen, M. L. & Nielsen, P.** (2003). Virtual reality modelling of wind farms including the countryside. in : *the European Wind Energy Conference, Madrid, 16-20 juin..* 5 p.
- [Tine2002] - **Tiné, G.** (2002). *Histoire du paysage, enjeu économique, esthétique et éthique*. Castanet : Mission d'Animation des Agrobiosciences. Disponible sur : <<http://www.agrobiosciences.org/IMG/pdf/MAATine.pdf>> (consulté le 24/10/2008).
- [Toke2005] - **Toke, D.** (2005). Explaining wind power planning outcomes: some findings from a study in England and Wales. *Energy Policy*. vol. 33, n° 12. p. 1527-1539. Disponible sur : <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V2W-4C04VNS-1/2/ddb35a38433a3a3da274be7f0bcbedd4>>
- [Tsingos-et-al.2004] - **Tsingos, N.; Gallo, E. & Drettakis, G.** (2004). Perceptual audio rendering of complex virtual environments. in : *International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (ACM SIGGRAPH 2004)*. Los Angeles : ACM Siggraph. p. 249-258
- [Tsingos-et-al.2006] - **Tsingos, Nicolas & Warusfel, Olivier** (2006). Modèles pour le rendu sonore. in : Fuchs, P. & Moreau, G. (ed.). *Le traité de la réalité virtuelle. Tome 3*. Paris : Presses de l'Ecole des Mines de Paris. p. 93-140
- [VanVeen-et-al.1998] - **Van Veen, H. A.; Distler, H. K. & Braun, S. J. and Bulthoff, H. H.** (1998). Navigating through a virtual city: using virtual reality technology to study human action and perception. *Future Generation Computer Systems*. vol. 14, n° 3, August. p. 231-242
- [Wolsink1988] - **Wolsink, M.** (1988). The social impact of a large wind turbine. *Environmental Impact Assessment Review*. vol. 8, n° 4. p. 323-334
- [Wood2000] - **Wood, G.** (2000). Is what you see what you get? Post-development auditing of methods used for predicting the zone of visual influence in EIA. *Environmental Impact Assessment*

---

*Review*. vol. 20, n° 5. p. 537-556.

[Zacharias2006] - **Zacharias, J.** (2006). Exploratory spatial behaviour in real and virtual environments. *Landscape and urban planning*. vol. 78, n° 1-2. p. 1-13

[Zube-et-al.1981] - **Zube, E. H. & Pitt, D. G.** (1981). Cross-cultural perceptions of scenic and heritage landscapes. *Landscape Planning*. vol. 8, n° 1. p. 69-87

[Zube-et-al.1982] - **Zube, E. H.; Sell, J. L. & Taylor, J. G.** (1982). Landscape perception: Research, application and theory. *Landscape Planning*. vol. 9, n° 1. p. 1-33.

[Zube1987] - **Zube, E. H.** (1987). Perceived land use patterns and landscape values. *Landscape Ecology*. vol. 1, n° 1. p. 37-45

# TABLE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

## TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Organisation de la thèse .....	5
Figure 2 : Le paysage comme système relationnel à trois composantes interdépendantes .....	12
Figure 3 : Le rôle de l'homme observateur/acteur dans le complexe « paysage ».....	14
Figure 4 : La relation entre attributs perceptuels / éléments physiques du paysage [Coeterier 1996]	16
Figure 5 : Gestalt theorie ; « le tout unifié est différent de la somme des parties » .....	16
Figure 6 : Influence du fond dans la lecture de la forme (Vase-profil de Rubin / Pictogrammes de Kanizsa) .....	17
Figure 7 : a/ système image-rétine ; b/ système œil-tête [Delorme 2003] .....	18
Figure 8 : Le paysage comme résultat de l'interaction « homme-environnement » .....	21
Figure 9 : Processus de mémorisation/remémoration dans l'expérience paysagère. ....	22
Figure 10 : Les contextes d'approche du paysage selon leurs échelles spatio-temporelles .....	24
Figure 11 : Point de vue « extérieur » vs. Point de vue « intérieur » d'une même habitation (source personnelle).....	28
Figure 12 : Photographie d'un paysage avec en arrière-plan des éoliennes (source personnelle) .....	36
Figure 13 : Croquis d'un paysage rural (source personnelle) .....	36
Figure 14 : Carte de sensibilité paysagère du pays de Brest (source : DDE Finistère).....	37
Figure 15 : Le bloc-diagramme (source : [Michelin 2000]).....	38
Figure 16 : Interrelation homme/monde virtuel.....	46
Figure 17 : Transmission de l'information sensori-motrice dans le monde réel et virtuel [Papin <i>et al.</i> 2003] .....	47
Figure 18: Exploitation des $\mathbb{P}^2$ dans un système de RV .....	49
Figure 19 : Fonctionnement d'une IC .....	50
Figure 20 : Champ visuel horizontal et vertical de chaque œil [Reiter <i>et al.</i> 2004].....	51
Figure 21 : Le champ visuel binoculaire (source : [Reiter <i>et al.</i> 2004]) .....	52
Figure 22 : Les objectifs de la RV pour l'étude sensible du paysage .....	56
Figure 23 : Couplage « visiocasque/tricycle » pour rendre les signaux visuels et non-visuels du mouvement (source : [Allison <i>et al.</i> 2002]) .....	67
Figure 24 : Principe de fonctionnement d'une éolienne (source : Wikipedia).....	71
Figure 25 : Principe de raccordement d'une éolienne au réseau électrique (Source : <a href="http://www.ciele.org">www.ciele.org</a> )	71
Figure 26 : Les différentes étapes d'un projet éolien.....	78
Figure 27 : Comparaison de la hauteur d'une éolienne avec d'autres éléments du paysage (source : [DIREN Bretagne 2003]).....	80

Figure 28 : Différentes perceptions de l'éolienne selon les conditions météorologiques et la mise en lumière (source personnelle).....	81
Figure 29 : Différentes perception selon la topographie et les éléments paysagers (A gauche : les conditions de perception ; à droite : les vues résultantes) (source : [DIREN Bretagne 2003]).....	81
Figure 30 : Variation de l'angle de perception de l'éolienne en fonction de la position de l'observateur (l'impact visuel n'est pas proportionnel à la distance) (source : [DIREN Bretagne 2003]).....	82
Figure 31 : Diverses perceptions des éoliennes dans l'aire lointaine (source personnelle) .....	83
Figure 32 : Une lecture frontale et horizontale vs. une lecture latérale et verticale du parc (source personnelle).....	83
Figure 33 : Vues au pied des éoliennes (source personnelle) .....	83
Figure 34 : Carte schématique permettant le positionnement des limites des périmètres d'étude (source : [DIREN Bretagne 2003]).....	85
Figure 35 : Composition des éoliennes selon leur contexte (source : [Stanton 1995]).....	85
Figure 36 : Photomontages en perception lointaine (a), intermédiaire (b) et immédiate (c) (source : [DIREN Bretagne 2003]).....	86
Figure 37 : Exemple de carte représentant le calcul de visibilité et les ZVI (source : [Durand 2005a])	87
Figure 38 : Mise en évidence de la problématique par rapport aux objectifs et propositions.....	94
Figure 39 : Démarche d'étude proposée pour les enquêtes immersives <i>in situ</i> et <i>in vitro</i> .....	111
Figure 40 : Méthodologie pour la validation de la RV comme outil d'étude sensible du paysage... ..	112
Figure 41 : Situation géographique de Plouguin par rapport à la plus proche grande ville (Brest) (source : carte touristique du Finistère).....	114
Figure 42 : Situation géographique de Plouguin par rapport au Littoral et à l'Aber Benoît (source : carte touristique du Finistère) .....	114
Figure 43 : Implantation des parcs éoliens par rapport au bourg et aux habitations (source : carte IGN 0416 ET) .....	115
Figure 44 : Dimensions de l'éolienne de Plouguin (E-66 20.70) (source personnelle) .....	116
Figure 45 : L'éolienne conçu par Foster (la version originelle présente une tour d'observation en haut du mât) (source : <a href="http://www.fosterandpartners.com">www.fosterandpartners.com</a> ).....	116
Figure 46 : Sensibilité paysagère de la commune de Plouguin et de ses alentours (source : plan établi par la Mairie de Plouguin) .....	117
Figure 47 : Différents points de vue des éoliennes en arrière-plan du bourg (source personnelle) ..	118
Figure 48 : Perception lointaine : différents points de vue des éoliennes en arrière-plan d'une masse végétale (source personnelle).....	118
Figure 49 : Perception lointaine : différents points de vue des éoliennes en arrière-plan d'éléments marquants en premier plan (source personnelle) .....	119
Figure 50 : Perception intermédiaire : différents points de vue des éoliennes avec un premier plan bâti (source personnelle).....	120
Figure 51 : Perception intermédiaire : lecture frontale du parc (source personnelle).....	120
Figure 52 : Perception intermédiaire : lecture latérale du parc (source personnelle).....	121
Figure 53 : Perception intermédiaire : influence des ambiances physiques (source personnelle) ....	121
Figure 54 : Perception immédiate : pied de l'éolienne visible/non visible (source personnelle).....	122
Figure 55 : Perception immédiate : au pied de l'éolienne (source personnelle) .....	122
Figure 56 : Parcours 1 et 2 (source : <a href="http://www.ign.fr">www.ign.fr</a> ).....	123
Figure 57 : Différents points de vue du parcours 1 .....	124
Figure 58 : Différents points de vue du parcours 2.....	125

Figure 59 : Schéma conceptuel des trois expérimentations en mode virtuel .....	130
Figure 60 : Modélisation de l'éolienne de Plouguin sous 3DS Max.....	131
Figure 61 : Utilisation de plans 2D pour la végétation .....	132
Figure 62 : Vue en plan des parcours 1 et 2 (modèle fil de fer vs. modèle texturé).....	132
Figure 63 : Parcours 1 : points de vue comparés <i>in situ/in vitro</i> .....	133
Figure 64 : Parcours 2 : points de vue comparés <i>in situ/in vitro</i> .....	133
Figure 65 : Proposition idéale pour notre étude (CAVE + tapis roulant 2D) (source : Rapport de stage D. Salerne).....	135
Figure 66: Différence entre écrans avec et sans lentilles de Fresnel (source : [Tahrani 2006]).....	135
Figure 67 : Schémas pour le calcul des champs de vision horizontal et vertical (source : [Tahrani 2006]).....	136
Figure 68 : Schémas pour le calcul de l'acuité visuelle (source : [Tahrani 2006]).....	136
Figure 69 : Schéma expérimental au CERV .....	137
Figure 70 : Schéma expérimental à l'IRCCyN .....	137
Figure 71 : Les conditions expérimentales à l'IRCCyN : rapports « distance/champs de vision » et « distance/acuité visuelle » .....	138
Figure 72 : Répartition spatiale des « sphères d'influence » des sons intégrés dans le modèle virtuel.....	139
Figure 73 : Schéma d'utilisation de la Wiimote dans le monde virtuel .....	141
Figure 74 : Interaction vélo : proposition de départ (source : Rapport de stage Davy Salerne) .....	142
Figure 75 : Interaction vélo : proposition finale .....	142
Figure 76 : Mécanisme de la souris mécanique (source : www.microsoft.com) .....	143
Figure 77 : Implantation des trois souris mécaniques (à boule).....	143
Figure 78 : Acceptabilité du projet éolien dans le temps (source : [Wolsink 1988]).....	155
Figure 79 : Perception des séquences du parcours 1 d'après les commentaires des sujets ( <i>in situ</i> )..	165
Figure 80 : Perception des séquences du parcours 2 d'après les commentaires des sujets ( <i>in situ</i> )..	166
Figure 81 : Exemples de dessins du parcours 1 par deux enquêtés ( <i>in situ</i> ) .....	168
Figure 82 : Exemples de dessins du parcours 2 par deux enquêtés ( <i>in situ</i> ) .....	169
Figure 83 : Vue du point d'arrivée du parcours 1 .....	169
Figure 84 : Point de vue caméra (parcours 1) .....	176
Figure 85 : Lecture verticale « subite » sur le rotor .....	176
Figure 86 : Point de vue caméra (parcours 2) .....	177
Figure 87 : Exemples de dessins du parcours 1 par deux enquêtés (expérimentation1) .....	180
Figure 88 : Exemples de dessins du parcours 2 par deux enquêtés (expérimentation1) .....	180
Figure 89 : Végétation plate au niveau du chemin du parcours 1 (expérimentation 2).....	183
Figure 90 : Les dimensions de l'écran empêchent de voir toutes les éoliennes dans le parcours 2 et parfois toute l'éolienne dans le parcours 1 (expérimentation 2) .....	184
Figure 91 : Perception des séquences du parcours 1 d'après les commentaires des sujets (expérimentation 2).....	189
Figure 92 : Perception des séquences du parcours 2 d'après les commentaires des sujets (expérimentation 2).....	190
Figure 93 : Exemples de dessins du parcours 1 par quatre enquêtés (expérimentation 2).....	192
Figure 94 : Exemples de dessins du parcours 2 par deux enquêtés (expérimentation 2) .....	193
Figure 95 : L'effet de l'écran classique (sans lentilles de Fresnel) sur le rendu de l'image (centre très éclairé et bords sombres) : effet « hot spot » .....	195

---

Figure 96 : Entre 2 éoliennes : le participant est moins attiré par la perspective du chemin que par la rotation des pales de l'éolienne devant lui (expérimentation 3).....	198
Figure 97 : Les dimensions de l'écran empêchent de voir toutes les éoliennes dans le parcours 2 (expérimentation 3).....	199
Figure 98 : Perception des séquences du parcours 1 d'après les commentaires des sujets (expérimentation 3).....	203
Figure 99 : Perception des séquences du parcours 2 d'après les commentaires des sujets (expérimentation 3).....	204
Figure 100 : Exemples de dessins élaborés par les enquêtés du parcours 1 (expérimentation 3).....	206
Figure 101 : Exemples de dessins du parcours 2 par deux enquêtés (expérimentation 3).....	207
Figure 102 : Luminosité uniforme versus « hot spot » entre un écran avec lentilles de Fresnel et un écran classique .....	209

## TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Résumé de quelques enquêtes de l'espace rural afin de dégager les différents objectifs et méthodes suivis.....	31
Tableau 2 : Avantages, limites et rôle des outils de représentations classiques dans le projet paysager .....	39
Tableau 3 : Etat des lieux et propositions pour l'étude du paysage sensible .....	43
Tableau 4 : Les interfaces visuelles .....	53
Tableau 5 : Les interfaces de localisation spatiale spécifiques au déplacement de l'utilisateur .....	56
Tableau 6 : Exemples d'études virtuelles dans un contexte architectural, paysager ou urbain.....	61
Tableau 7 : Potentialités de la RV par rapport aux conditions nécessaires d'un support de représentation paysagère.....	68
Tableau 8 : Synthèse des méthodes d'analyse urbaines <i>in situ</i> .....	107
Tableau 9 : Détails de l'enquête immersive <i>in situ</i> .....	128
Tableau 10 : Exemple de classification des commentaires (caractérisation de la perception).....	157
Tableau 11 : Analyse de la perception visuelle dans les commentaires ( <i>in situ</i> ).....	160
Tableau 12 : Qualification des éoliennes dans les parcours ( <i>in situ</i> ).....	161
Tableau 13 : Les objets référant à l'éolienne et à ses différentes parties dans le discours des sujets ( <i>in situ</i> ).....	161
Tableau 14 : Références et jugements sonores sur le bruit des éoliennes dans les commentaires ( <i>in situ</i> ).....	162
Tableau 15 : Comparaison entre les formes spatiales des deux parcours ( <i>in situ</i> ).....	163
Tableau 16 : Comparaison entre les deux méthodes <i>in situ</i> .....	171
Tableau 17 : Analyse de la perception visuelle dans les commentaires (expérimentation 1).....	177
Tableau 18 : Qualification des éoliennes dans les parcours (expérimentation 1).....	177
Tableau 19 : Analyse de la perception visuelle dans les commentaires (expérimentation 2).....	184
Tableau 20 : Qualification des éoliennes dans les parcours (expérimentation 2).....	185
Tableau 21 : Les objets référant à l'éolienne et à ses différentes parties dans le discours des sujets (expérimentation 2).....	186
Tableau 22 : Références et jugements sonores sur le bruit des éoliennes dans les commentaires (expérimentation 2).....	187
Tableau 23 : Analyse de la perception visuelle dans les commentaires (expérimentation 3).....	198
Tableau 24 : Qualification des éoliennes dans les parcours (expérimentation 3).....	199
Tableau 25 : Les objets référant à l'éolienne et à ses différentes parties dans le discours des sujets (expérimentation 3).....	200
Tableau 26 : Références et jugements sonores sur le bruit des éoliennes dans les commentaires (expérimentation 3).....	201
Tableau 27 : Tableau récapitulatif et comparatif entre les enquêtes abordées.....	213



# ANNEXES

## **Annexe 1 : Etude paysagère sensible *in situ* : les entretiens**

1a Grille d'entretien

## **Annexe 2 : Etude paysagère sensible *in situ* : les parcours commentés**

2a Questionnaire (*in situ*)

2b Extraits des parcours commentés (*in situ*)

## **Annexe 3 : Etude paysagère sensible *in vitro* 1 : animation 3D**

3a Questionnaire (expérimentation 1)

3b Extraits des parcours commentés (expérimentation 1)

## **Annexe 4 : Etude paysagère sensible *in vitro* 2 et 3 : Wiimote / vélo**

4a Questionnaire (expérimentation 2 et 3)

4b Extraits des parcours commentés (expérimentation 2)

4c Extraits des parcours commentés (expérimentation 3)

## **Annexe 5 : Echantillon populations**

.....

# Annexe 1 : Etude paysagère sensible *in situ* : les entretiens

## 1a Grille d'entretien

Consigne : Dans le cadre d'une étude sur le paysage éolien, nous aimerions nous entretenir avec vous de quelques thèmes liés à ce sujet. Les propos tenus resteront anonymes et confidentiels. Nous vous remercions d'avance pour votre collaboration (à revoir si on annonce le commanditaire ou pas).

1. PRATIQUE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comment voyez-vous personnellement le parc éolien ? Vous l'apercevez de votre domicile ? (proximité géographique)</li> <li>- Quelle est votre pratique de ce parc ? Vous y promenez-vous parfois ? A quelle occasion vous y rendez-vous ? Vous le faites visiter à des amis ? Préférez-vous vous y rendre seul ou plutôt en famille ?</li> </ul>
2. HISTOIRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pouvez-vous nous décrire le processus de construction de ce parc éolien ? Vous souvenez-vous des différentes étapes de sa mise en place ?</li> <li>- Vous étiez déjà présents sur la commune lorsqu'il a été construit ou êtes-vous arrivés après ?</li> <li>- Comment en avez-vous entendu parler ? Est-ce la mairie qui vous a informé du projet, ou l'avez-vous plutôt appris par la presse locale ou le bouche à oreille ?</li> </ul>
3. RAPPORT AU SITE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Connaissez-vous le site avant l'implantation des éoliennes ? Vous pourriez le décrire « avant » ?</li> <li>- Etait-ce un endroit familier des riverains où on allait se balader, par ex. ? Qu'est-ce qu'il y avait à cet endroit, avant les éoliennes ?</li> <li>-</li> </ul>
4. CHANGEMENTS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Depuis l'implantation des éoliennes, qu'est-ce qui a changé sur ce site ? (visuel, sonore, esthétique...)</li> <li>- Qu'est-ce que les éoliennes ont provoqué comme changements à Plouguin ?</li> <li>-</li> </ul>
5. PAYSAGE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pouvez-vous me décrire le site actuel ? Combien d'éoliennes y a-t-il ?</li> <li>- Et à Plouguin, qu'est-ce qui, selon vous, le plus remarquable comme endroit ? Pourquoi les touristes viennent-ils à Plouguin ? Qu'est-ce qu'ils viennent voir à Plouguin ?</li> <li>-</li> </ul>
6. RAPPORT A L'OBJET	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vous personnellement, comment percevez-vous une éolienne ? Qu'est-ce que ça évoque pour vous ? Quel type d'objet est-ce pour vous ? Qu'est-ce que ça doit être une éolienne pour vous ?</li> </ul>

---

## **Annexe 2 : Etude paysagère sensible *in situ* : les parcours commentés**

---

### **2a Questionnaire (*in situ*)**

Piéton n° ..... Activité professionnelle : ..... Sexe : .....

Age : ..... Date et heure : .....

Temps :  ensoleillé  nuageux  très nuageux

#### **Evaluation de l'enquête des parcours commentés**

1. Quelles sont vos impressions sur l'enquête (parler en marchant dans le parcours) ? (Qu'est-ce que ça a révélé ? Est-ce que cela vous a gêné ? etc.)

.....  
.....  
.....  
.....

#### **Expérience paysagère**

2. Avez-vous déjà emprunté ce parcours ?      oui       non

Que pensez-vous du parcours effectué ? (l'environnement, les objets, l'ambiance,...)

.....  
.....

Plus précisément, ce qui a interpellé :

Vos yeux :

.....  
.....

Vos oreilles :

.....  
.....

Votre nez :

.....

Autre sens :

### Impacts des éoliennes sur le paysage

3. Et si vous imaginez le parcours sans les éoliennes, comment le décririez-vous ?

.....  
.....

4. Que pensez-vous du parc éolien de Plouguin ?

D'une manière générale :

.....  
.....

De l'objet éolienne :

.....  
.....

De l'éolienne dans son environnement :

.....  
.....

De son impact visuel :

.....  
.....

De son impact sonore :

.....  
.....

D'autres impacts :

.....  
.....

### Séquences du parcours

5. Pouvez-vous diviser le parcours en plusieurs séquences ? Merci d'exprimer ces séquences par le dessin, de justifier votre division et de décrire vos impressions sur chaque séquence.

## 2b Extraits des parcours commentés (in situ)

**Parcours A – Piéton 1 (touriste)**  
Temps ensoleillé vent O : 20km/h  
12/08/07 17h

E : Visuel	76/398 = 19%
E : Sonore	83 21%
E : autres	129 32%
Paysage	

Ce que je ressens tout d'abord, c'est que je suis toute surprise ... Comme je vous ai dit, je ne suis pas d'ici... je suis limite du centre de la France et là-bas, il n'y a pas d'éoliennes... On est venu par curiosité... pour voir et savoir ce que c'est exactement, ce que ça porte... l'intérêt pour tout le monde ...

Je suis surprise par la taille... et puis on a entendu parler à la télé des nuisances... comme il va y en avoir près de chez nous... on s'est arrêtés à ce parc par curiosité pour voir si les éoliennes font vraiment du bruit... et pour voir les nouvelles technologies...

Les éoliennes m'attirent visuellement... je me dis que c'est logique qu'elles sont là parce que l'environnement est plat, au bord de la mer donc, il y a du vent... il y en a pas mal dans le coin des éoliennes... parce que ce qui nous a étonné en arrivant dans le coin, c'est le nombre et la taille de l'éolienne...

Je regarde aussi le paysage, ce n'est pas comme chez nous où c'est vallonné... on voit assez loin partout...

*Que pensez-vous du parcours qu'on est en train d'effectuer ?*

C'est agréable... pas du tout gênant le bruit des éoliennes... c'est comme le bruit du frigo à la maison, on met aussi la télé en permanence... on finit par s'y habituer... je ne pensais pas à cela en fait, ça ne me choque pas du tout...

*Je vous vois souvent en train de lever la tête vers les éoliennes, ce sont les pales qui attirent votre regard ?*

C'est toute l'installation... et puis j'essaie de comprendre comment ça marche... je suis très impressionnée quand même...

*Si je vous demandais de décrire l'objet « éolienne » ?*

C'est une sorte de fusée un peu à l'envers... avec en haut un ballon de rugby... je me demande si les formes sont étudiées par rapport au vent ???

A la télé, je n'ai pas vraiment pensé qu'une éolienne pouvait être aussi grande... surtout de près... je ne voulais m'en approcher ni approcher mes enfants du bas du mât par peur que les pales ne tombent sur nos têtes...

*Et si je vous demandais de fermer les yeux et d'écouter... à quel bruit vous fait rappeler l'éolienne ?*

A l'atterrissage d'un avion... ou le départ, tout doucement... en fait, c'est comme si on est au bord d'un aéroport en fait...

... Je me demande si l'agriculteur est gêné par l'éolienne ? C'est peut être le seul problème... ou quelqu'un qui a des phobies comme moi...

*Et si vous habitez dans le coin, vous viendrez vous promener dans le coin ?*

Oui, tout à fait, à cette distance oui... mais je n'irai pas m'aventurer en dessous pour le moment... mais le bruit ne me dérangerait pas... c'est comme le bruit d'un avion en continu

## **Annexe 3 : Etude paysagère sensible *in vitro*** **1 : animation 3D**

---

### **3a Questionnaire (expérimentation 1)**

La première partie du questionnaire de l'expérimentation 1 sur l'évaluation de l'expérience paysagère est similaire au questionnaire *in situ* (Annexe 2a). Nous citons ici seulement la deuxième partie sur l'évaluation du dispositif virtuel :

#### **Expérience virtuelle**

---

1. Que pensez-vous de la vidéo ?

- Dispositif visuel (immersion visuelle : écran, distance par rapport à l'écran, résolution) :

.....  
.....

- Dispositif sonore (volume, distinction des différents sons) :

.....  
.....

- Mouvement de la caméra (liberté de mouvement des yeux, liberté de déplacement dans le parcours) :

.....  
.....

2. Selon vous, qu'elles sont les avantages et les limites de la projection vidéo pour 'vivre' le parcours projeté (par rapport à un parcours réel) ?

.....  
.....  
.....  
.....

## 3b Extraits des parcours commentés (expérimentation 1)

### Parcours 1 - Participant 1

Eolienne (Visuel)  
virtuel

Eolienne (Sonore)

Eolienne (Autres)

Paysage

Système

Je vois des hélices d'E puisqu'on regarde vers le ciel... un gros plan sur les hélices... c'est un peu gris tout ça... c'est la Bretagne ! On avance, on a une petite haie devant nous... on se dirige vers un petit chemin de campagne... je suis un peu guidé par le bout de chemin...

On se croit vraiment dans un jeu vidéo au niveau des arbres... on sent que ce n'est pas réel, on sent bien le plaquage des textures en ce qui concerne les arbres proches en tout cas ; parce que ceux qui sont loin, j'ai quand même l'impression que je suis dans un chemin au sol près... parce que la sensation du crépitement du gravier et de la rugosité du sol n'est pas ressentie. En ce qui concerne la déambulation tout se passe bien... on se sent plus absorbé par le bout du chemin que par les défauts liés au numérique...

on entend bien les petits oiseaux par dessus les éoliennes... je ne sais pas si c'est comme cela dans la réalité, mais d'après mon expérience personnelle, j'ai l'impression d'être comme dans la nature puisque le bruit des oiseaux est beaucoup plus présent que le bruit de fond des éoliennes qu'on entend quand même... donc le bruit des éoliennes ce n'est pas quelque chose qui me dérange particulièrement pour l'instant...

On se croirait comme dans le milieu du travail industriel, comme dans un hangar industriel... mais pas pour l'aspect paysage mais pour l'objet son... comme un bruit de fond...

Après, au fil du parcours, plus on avance moins je l'entends puisque ça reste un bruit permanent. Voilà, c'est toujours présent, pesant dans une certaine mesure mais pas spécialement dérangeant puisque le paysage fait qu'on oublie un peu ça... comme quand on est au travail, dans un endroit un peu bruyant, on oublie un petit peu le bruit au fur et à mesure qu'on exerce une activité...

Toujours un gros point sur ces haies qui ne font pas du tout réelles...

En fait quand je marche, on a une trajectoire dirigée vers l'éolienne... mais moi systématiquement, c'est comme quand je conduis ou quand je marche dans un chemin, je regarde le bout du chemin, l'horizon... c'est peut être aussi l'effet « écran » (limites) qui nous empêche de voir à 180°...

J'essais d'identifier aussi le truc rouge qui m'attire au bout en ce moment... en fait dès qu'un élément nouveau apparaît dans la scène, mon œil est attiré par lui.

Fin du parcours : donc là, je découvre le bas d'une éolienne, des habitations pas loin ... j'ai envie de faire un tour en bas de l'éolienne pour voir comment c'est fixé au sol... c'est un paysage de champ très ouvert... les éoliennes sont très lointaines... mon regard est attiré par les façades réfléchissantes des maisons au fond... je suis généralement attiré par les points de couleur et le fait que le mat des éoliennes soient gris, couleur ciel ; c'est moins présent à mon esprit que les façades... mais peut être que si les éoliennes étaient blanches, elles attireraient plus mon regard... le fait aussi que le bas des éoliennes soit vert, ça atténue un peu l'attraction de l'objet.

## **Annexe 4 : Etude paysagère sensible *in vitro* 2 et 3 : Wiimote / vélo**

---

### **4a Questionnaire (expérimentation 2 et 3)**

La première partie du questionnaire des expérimentations 2 et 3 sur l'évaluation de l'expérience paysagère est similaire au questionnaire *in situ* (Annexe 2a). Nous citons ici seulement la deuxième partie du questionnaire sur l'évaluation du dispositif virtuel :

#### **Expérience virtuelle**

---

1. Avez-vous déjà expérimenté un environnement virtuel ? A quelle occasion ?

.....  
.....

2. Que pensez-vous du système virtuel mis en place ?

- La scène virtuelle 3D (formes, ambiances, animations, mise en lumière, objets, textures, etc.) :

.....  
.....

- Dispositif visuel (immersion visuelle : écran, distance par rapport à l'écran, résolution) :

.....  
.....

- Dispositif sonore (volume, distinction des différents sons) :

.....  
.....

- Dispositif d'interaction :

.....  
.....

3. S'il fallait améliorer le parcours virtuel (par rapport à la même expérience que dans un parcours réel), quelles seraient vos principales demandes?

.....  
.....

## 4b Extraits des parcours commentés (expérimentation 2)

### Parcours 1 - Participant 7

Eolienne (Visuel)

Eolienne (Sonore)

Eolienne (Autres)

Paysage

Système virtuel

C'est bien représenté, on a bien l'impression d'être au pied d'une éolienne, l'impression de la hauteur... on se sent tout petit...

On ne peut pas avancer vers l'éolienne ?

On a bien le ronronnement de l'éolienne, ça tourne régulièrement... machinalement, j'ai tourné le point de vue vers le haut pour voir l'hélice de l'éolienne et avoir ce sentiment de hauteur... me représenter l'éolienne dans son entier...

On peut aller voir la pancarte ? Comme j'aime bien les jeux vidéo, dès qu'il y a ce genre de choses qui expliquent, j'ai tendance à vouloir aller voir...

Dans cette perspective qu'est-ce que vous regardez ?

Ce que je regarde, enfin, ce qui me choque un petit peu c que les buissons sont un peu linéaires au 1<sup>er</sup> plan, sans épaisseur... on a moins cette impression là pour ceux qui sont derrière...

On peut avancer plus vite ? C'est réglé sur la vitesse d'un piéton... si je fais le parallèle avec les jeux vidéo, on va plus vite en fait pour aller voir ce qui se passe plus loin...

(2<sup>e</sup> éolienne)

Pourquoi vous regardez en haut (de l'éolienne) ?

Pour voir l'éolienne je pense, je ne sais pas... voir comment ça tourne... voir la hauteur... et puis, après les buissons, il y avait une ouverture vers la droite alors, j'ai tendance à vouloir regarder... je pense que si j'avais pu, je serai allée monter les escaliers du pied de l'éolienne !

Et le bruit, vous en pensez quoi ?

Ça ne me dérange pas, ça rentre dans la logique de l'éolienne et sa rotation... si je viens dans ce parcours pour les éoliennes ça ne me choquerait pas mais si je viens me promener, je pense qu'à la longue, ça me lasserait... parce que un bruit répétitif et assez lassant je pense... ça ressemble au moteur d'une machine à laver ou bruit de ventilation et de clim, quelque chose comme ça...

Ici toujours l'aspect des arbres fins... c'est surtout ici (entre les 2 éoliennes) parce que l'arbre là-bas, on n'a pas cette sensation...

Ce qui renforce mon sentiment de réalisme ce sont les sons qui se déplacent... je veux dire qu'on entend bien l'éolienne à gauche (dans l'oreille gauche)...

Cette éolienne est encore plus près... c'est assez impressionnant...

Le côté écologique de la chose qui fait que ça ne me perturbe pas plus que ça... ça fait peut être cette association d'idées écologiques qui me fait dire cela... ça me gêne moi quoi !

Je préfère les voir tourner, c'est fait pour ça non ?

L'esthétique ?

Le vert ça fait que ça choque moins mais on n'a pas trop de liberté dans les formes de l'éolienne...

Si vous décrivez l'éolienne pour quelqu'un qui ne la connaît pas ?

Un énorme cylindre assez fin avec une hélice en haut qui permet grâce au vent de produire de l'électricité verte

## 4c Extraits des parcours commentés (expérimentation 3)

### Parcours 2 - Participant 1

Eolienne (Visuel)

Eolienne (Sonore)

Eolienne (Autres)

Paysage

Système virtuel

Ce que j'entends, c'est l'autoroute derrière ?

Sinon, ça va, parce qu'on est en pleine campagne... je vois des vaches à droite, c'est bien... et les grands moulins bizarres (les éoliennes) à gauche... elles sont très grandes mais c'est bizarre, on ne les entend pas... on est à combien de mètres là ?

Environ 500m...

Je me promène au milieu de la route mais j'ai peur qu'il y a des voitures...

Ma question : si je tombe dans le fossé, qu'est ce qui arrive ?

Les oiseaux, c'est super... mais j'aurais préféré me promener dans un sentier, de l'herbe...

Les éoliennes attirent beaucoup mes yeux... parce qu'elles tournent... et c'est très haut aussi...

Je vois aussi le village, je veux y arriver pour voir si des maisons, on entend les éoliennes...

Le thème des éoliennes, c'est très à la mode... l'année dernière en Italie, j'en ai vu plein comme cela de la route et il y en avait certains qui ne tournaient pas... bizarre... et là, elles tournent toutes... mais bon, ce n'est pas réel ici...

Moi, j'aime bien ça, les éoliennes... j'en ai vu en Espagne... bon, je sais que c'est la technologie... ce n'est pas très intégré... mais avec un design comme ça, je pense que ça peut faire partie du paysage en général... c'est un impact plus faible qu'une centrale nucléaire donc pour moi, elles s'intègrent bien dans la nature...

C'est un élément très haut mais j'aime bien l'idée de cet élément qui n'est pas un arbre mais c'est un élément de la nature qui part de la terre pour aller très haut chercher le soleil, le vent, la pluie ou autre chose... c'est un discours qui peut très bien marcher pour parler d'intégration...

Peut être pas que si on les voyait moins alignés que ça c'est-à-dire en avoir certains (les derniers) décalés vers l'arrière, ça donnera plus l'impression que ce sont des arbres... mais bon, cette ligne n'est pas gênante...

Vous regardez quoi le plus dans l'éolienne ?

J'aime bien le design des pales... mais là, ça ne se voit pas trop mais d'habitude, j'aime bien regarder l'élément auquel sont attachées les pales, j'aime bien la forme... mais peut être en me rapprochant... ça me rappelle une cabine d'avion...

Les éoliennes horizontales, elles sont intéressantes aussi, plus petites...

.....

## Annexe 5 : Echantillon populations

Parcours 1			Parcours 2		
In situ					
Sexe	Age	Activité	Sexe	Age	Activité
M	61	Retraité	F	33	Dentiste
F	57	Femme au foyer	F	27	Ingénieur chimiste
M	28	Cadre dans la distribution	M	30	Marin d'état
M	61	Retraité	M	27	Ingénieur informatique
F	60	Femme au foyer	M	31	Marin d'état
F	42	Professeur de sport	M	29	Agent administratif
F	50	Retraité	M	29	Marin d'état
F	28	Psychologue	M	31	Ingénieur informatique
M	27	Architecte	F	30	Architecte
Expérimentation 1					
M	27	Doctorant	F	45	Assistante de direction
F	27	Architecte	F	23	Architecte
F	55	Doctorant	M	15	Lycéen
M	31	Architecte	M	30	Géographe
F	29	Ingénieur informatique	M	29	Urbaniste
Expérimentation 2					
M	29	Ingénieur informatique	F	24	Assistante de direction
M	27	Ingénieur informatique	F	51	Secrétaire
M	28	Ingénieur informatique	M	25	Ingénieur informatique
M	30	Ingénieur informatique	F	26	Ingénieur informatique
M	39	Enseignant	M	34	Enseignant (Ingénieur informatique)
M	30	Marin d'état	M	24	Ingénieur informatique
M	31	Ingénieur informatique	M	29	Ingénieur informatique
F	27	Ingénieur informatique	M	29	Psychologue
F	34	Educatrice d'enfant	M	28	Ingénieur informatique
M	27	Ingénieur informatique	M	30	Ingénieur informatique
M	29	Infographiste	M	32	Marin d'état
F	26	Maitresse d'école	F	28	Marin d'état
M	32	Marin d'état	M	34	Marin d'état
M	31	Marin d'état			
Expérimentation 3					
F	24	Architecte	M	29	Architecte
F	36	Historienne de l'art	F	47	Secrétaire
M	27	Architecte	M	41	Enseignant (Ingénieur informatique)
F	57	Gestionnaire	M	23	Enseignant (Ingénieur informatique)
F	26	Historienne de l'art	F	26	Architecte
M	25	Architecte	M	30	Ingénieur informatique
M	26	Ingénieur informatique	M	29	Urbaniste
F	57	Documentaliste	M	24	Architecte
M	23	Ingénieur informatique	F	31	Architecte
M	33	Ingénieur informatique			

.....